GRAĐEVINAR

10

ČASOPIS SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA SR HRVATSKE

GODINA XIX

LISTOPAD 1967



HOTEL »A« KATEGORIJE »ADRIATIC« U PRIMOŠTENU

IZVOĐAČ GP »IZGRADNJA« ŠIBENIK

9599

»GRAĐEVINAR«

GOD. XIX **BROJ 10**

SADRŽAJ

SURADNICI

OLAKŠAJTE RAD REDAKCIJSKOM ODBORU i UREDNIKU

Ako želite da Vaš članak bude što prije objavljen, držite se uputa:

DVA PRIMJERKA tipkana na stroju potpuno spremna za štampu neophodno su potrebna; tipkanje PROREDOM sa slobodnim RUBOM 5 cm ŠIRINE s lijeve strane omogućuje unošenje potrebnih korektura na jasan i pregledan način,

CRTEŽI IZRAĐENI TUŠEM jedino mogu da se upotrebe za izradu klišeja; slova i brojke na crtežima moraju biti tako veliki, da nakon smanjenja na format lista (8 ond. 16,5 cm širine) budu najmanje 1 mm visoki; svi naknadni ispravci crteža idu na račun autori;

fotografije kontrasne na sjajnom papiru daju dobre klišeje;

popis crteža i slika s rednom numeracijom olakšava orijentaciju, pa se izbjegava zametanje; sve slike priložiti odvojeno od teksta;

jasno i koncizno izražavanje u duhu jezika olakšava čitanje i povećava razumljivost, a štedi i na skupocjenom prostoru u listu.

Svi se objavljeni radovi honoriraju po tarifi, originalne slike se računaju kao tekst.

Molimo autore da prilikom slanja rukopisa naznače potpunu adresu, broj žiro računa i nadležnu općinu.

RUKOPISI SE NE VRAĆAJU, zadržite za sebe kopiju!

Časopis izdaje: Savez građevnih inženjera i tehničara SR Hrvatske, Zagreb, Berislavićeva ul. 6.

Glavni urednik: Prof. dr ing. Ervin Nonveiller

Tehnički urednik: Ante Nejašmić

Tek. rač. kod SDK 301-8-2331

Tisak štamparije »Vjesnik« Zagreb

»GRAĐEVINAR«

19-И ГОД ИЗДАНИЯ **10 — 1967.**

СОДЕРЖАНИЕ

»GRAĐEVINAR«

VOL. 19 **10 — 1967.**

Journal of the Society of Civil Engineers of Croatia

CONTENTS

Godišnja pretplata: Za poduzeća N. Din **200 za prvi** pretplatni primjerak, te N. Din 100 za svaki **daljnji** primjerak. Za ostale pretplatnike N. Din **30. Za đake** i studente N. Din 12. Za inostranstvo **N. Din 150.**

Pojedini primjerci: Za DIT N. Din 1,50. Za poduzeća N. Din 20. Za ostale 3 N. Din.

Cijena oglasa: naslovna str. 3000. Omotne **2500.** Unutarnje stranice: 1/1 — 2000, 1/2 — 1500, 1/4 — **1000** N. Din. Kod više uzastopnih oglasa dajemo popust, prema dogovoru.

GRAĐEVINAR

GOD. XIX Listopad 1967 Broj 10

TELEVIZIJSKI TORANJ U MOSKVI

Doc. Ing. Veselin Simović, Zagreb

Općenito

Posljednjih godina u svijetu je izgrađen veliki broj televizijskih tornjeva, među kojima neki spadaju u najvrijednija ostvarenja građevinske tehnike. Najimpozantniji od svih je bez sumnje tek završeni televizijski toranj u Moskvi, o čijoj izgradnji je naša javnost već obaviještena. Za građevinske stručnjake će biti interesantno da se upoznaju malo detaljnije s projektom, načinom izvedbe i problemima koje je trebalo rješavati tokom projektiranja i izvedbe.

Moskovski televizijski toranj je građevina visoka 533 m. Izrađena je iz dva klasična građevinska materijala: armiranog betona i čelika. Armiranobetonski dio tornja je prednapregnut. Do visine 385 m toranj je izveden u obliku konične armiranobetonske cijevi s prelomom izvodnice na visini 63 m. U projektu je donji dio (do visine 63 m) nazvan konusom, a dio od kote +63 do kote +385 nosi naziv cijev tornja. Antenom je nazvan metalni dio tornja. Ovih naziva ćemo se u daljnjom tekstu pridržavati. Konus ima blagi prelom izvodnice na visini 43 m.

Čelični dio tornja — antena počinje na koti +385 a završava se na koti +533,3 m. Na vrhu je postavljena sovjetska zastava s kopljem dužine preko tri metra tako da je vrh zastavnog koplja na koti +536,45 m.

Tako je ta građevina ne samo najviši televizijski toranj nego i uopće najviša građevina do danas izgrađena u svijetu. Interesantno je da je do izgradnje moskovskog tornja najviši televizijski toranj bio Eifellova kula, koja je građena za druge svrhe u doba kad nije ni bilo pomena o televiziji, a svejedno je izvrsno iskorišćena kao televizijski toranj.

Prvobitni projekt televizijskog tornja u Moskvi predviđao je čeličnu konstrukciju. Čak je bio prihvaćen idejni projekt koničnog rešetkastog tornja iz čeličnih cijevi. Prilikom razmatranja tog projekta dr N. V. Nikitin je iznio ideju o mogućnosti izgradnje prednapregnute armiranobetonske konstrukcije, što je bilo dovoljno da organizacija u kojoj je radio (Mosprojekt) dobije nalog da u roku od tri dana izradi predprojekt. To je bilo i urađeno. Taj predprojekt je bio prihvaćen i poslužio je kao osnova za izradu glavnog projekta. Tokom vremena dogodilo se mnogo izmjena u odnosu na predprojekt tako da je toranj u stvari sasvim drukčija građevina od one predviđene u idejnom projektu.



Sl. 1: Maketa tornja

U unutrašnjosti tornja na 48 etaža smještene su razne prostorije, službene i za posjetioce. Toranj će omogućavati istovremeno emitiranje pet televizijskih i šest radio programa. Od televizijski bit će jedan program za televiziju u boji. Visina tornja omogućava direktno primanje televizijskih emisija u radijusu od cca 150 km.

Posebnu zanimljivost predstavlja restoran koji zauzima tri etaže na visinama 328, 331 i 334 m. U njemu će se moći istovremeno nalaziti 288 gostiju. Pod restorana rotira, tako da će gost u restoranu sjedeći na jednom mjestu moći da razgleda čitavu Moskvu i dio Podmoskovlja. Pod će se, prema želji gostiju, okretati raznim brzinama, tako da će moći da krug napravi za jedan sat, pola sata ili za 15 minuta.

Na tornju su na raznim visinama razmještene 4 platforme s kojih će posjetioci moći razgledati Moskvu. Najviša, koja je otvorena, nalazi se na visini 431 m.

U unutrašnjosti cijevi se nalaze 4 lifta, od kojih će jedan služiti za snabdjevanje restorana, dva za posjetioce, a jedan je službeni, kojim će se povremeno koristiti i posjetioci. Propusnom sposobnošću liftova je uvjetovan mogući broj posjetilaca. Izračunato je da će biti moguće primiti četiri miliona posjetilaca godišnje. Uzimajući u obzir da vidljivost neće stalno biti dobra, navedenu brojku treba samo uzeti kao mogućnost. Stvarno će broj posjetilaca biti znatno manji. Osim liftova, u unutrašnjosti tornja su smještene mnogobrojne tehničke službe, zatim razne komunikacije, vodovod, kanalizacija i dr.

U anteni se nalazi lift za jednu osobu, čija je posljednja stanica na koti +470 m. Dalje se može popeti vertikalnim čeličnim ljestvicama sve do visine 533,3 m, gdje se nalazi platforma za jednog čovjeka.

Na vanjskom dijelu cijevi, pored navedenih, nalazi se još mnogo konzola na kojima su razni uređaji i platforme za tehničku službu.

Ukupna težina tornja iznosi 31.400 t, a težina temelja je 14.500 t.

Fundiranje

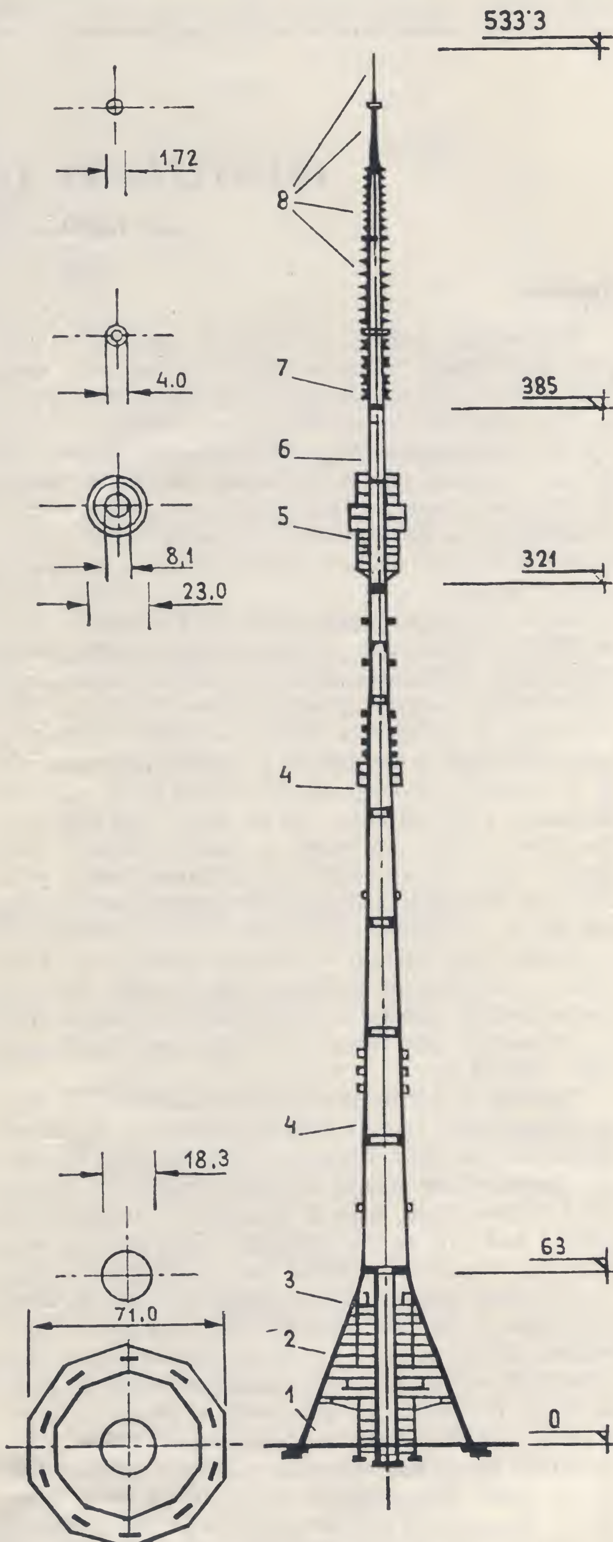
Za ovako visoku građevinu pitanje fundiranja svakako je jedan od osnovnih i najtežih problema. Kao što će se iz daljeg vidjeti, to je u ovom slučaju riješeno na vrlo jednostavan način.

Najprije nekoliko podataka o tlu.

Ne računajući površinski, relativno tanki, sloj humusa, na dubini 10—12 m od površine tlo je kompaktno glinovito glečerskog porijekla s primjesama šljunka i oblucima. Od 12—15 m su starije naslage u obliku sitnih i prašinastih pijesaka i pjeskovitog tla. Ispod toga je sloj stare kompaktne gline. Stijena se nalazi tek na dubini od 40 m.

Podzemna voda je na dubini 5—6 m.

Fundirano je na gornjem glinastom tlu i to na relativno maloj dubini (donja ploha temelja je na dubini 4,65 m od površine terena). Ovo je urađeno iz razloga da bi ostao što deblji sloj dobrog tla između donje plohe temelja i relativno slabog pješčanog tla zasićenog vodom, koje se nalazi ispod.



Sl. 2: Presjek tornja: 1 — vestibil; 2 — predajnici; 3 — kuhinja restorana; 4 — aparature; 5 — restoran; 6 — strojarnica; 7 — radio antene; 8 — televizijske antene.

Prvobitno je temelj izveden u obliku prstenaste ploče širine 8,0 m a debljine 2,0 m. Taj temelj je izvođen od septembra 1959. do proljeća 1960. godine. Pri izradi projekta bile su poduzete sve mjere za sigurnost fundamenta. Propisan je i izveden beton marke 400, a i količina armature je znatno povećana. Zaštitni sloj betona je uvećan na 10 cm, a osim toga izveden je i dvostruki premaz bitumenom. Temelj je izveden bez prednaprezanja.

Nakon što je temelj izveden nastale su komplikacije za autore projekta i izvođače, jer je uslijedila intervencija sa strane. Najprije je izražena sumnja u sigurnost temelja zbog relativno male dubine fundiranja, a poslije je komisija našla da je nesiguran ne samo temelj nego i temeljno tlo i izjasnila se za fundiranje tornja na stijeni. Praktička provedba tog zahtjeva bi izazvala niz teškoća. Diskusija o temeljenju trajala je dvije godine i tek nakon toliko vremena uspjelo je projektantima dokazati sigurnost predloženog rješenja temeljenja. U martu 1963. god. usvojen je projekat tornja i rješenje temeljenja. Tom prilikom je bilo predloženo da se ojača temelj izvođenjem vanjskog armiranobetonskog prednapregnutog obruča. Osim toga bilo je predloženo da se oko temelja izvede kružna stijena od žmurja do dubine od 22 m, da bi spriječila izlazak pijeska donjeg sloja u slučaju da u blizini kojim slučajem bude iskopana duboka jama. U međuvremenu se od ovog zahtjeva odustalo, jer se pokazalo da je on bio pretjeran. S prvim zahtjevom se glavni konstruktor tornja složio, jer nije mijenjao koncepciju fundiranja, mada on i sada stoji na stanovištu da pojačavanje nije bilo nužno. U svakom slučaju tim pojačavanjem sigurnost temelja se povećala.

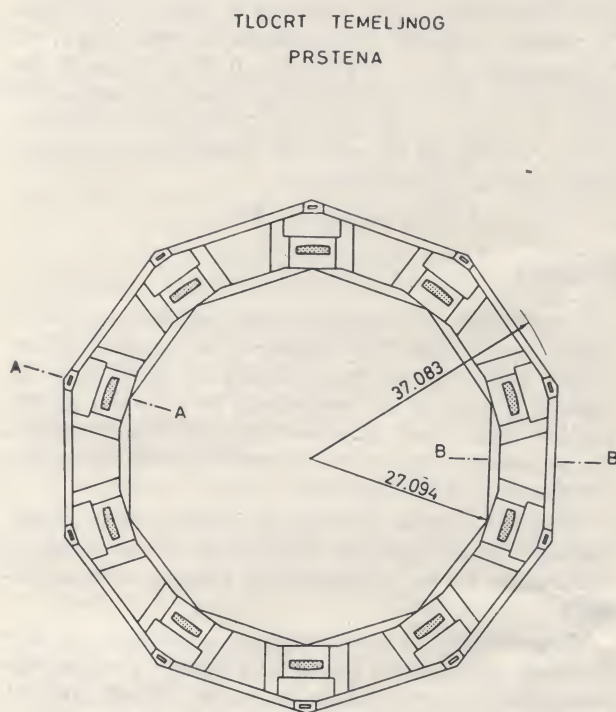
Tako se u aprilu 1963. nastavilo s izgradnjom tornja. Izvođenje ojačanja temelja bilo je skopčano s teškoćama, jer je trebalo osigurati vezu između već izvedenog (starog) i novog betona, a izvedeni temelj je već bio obložen bitumenom.

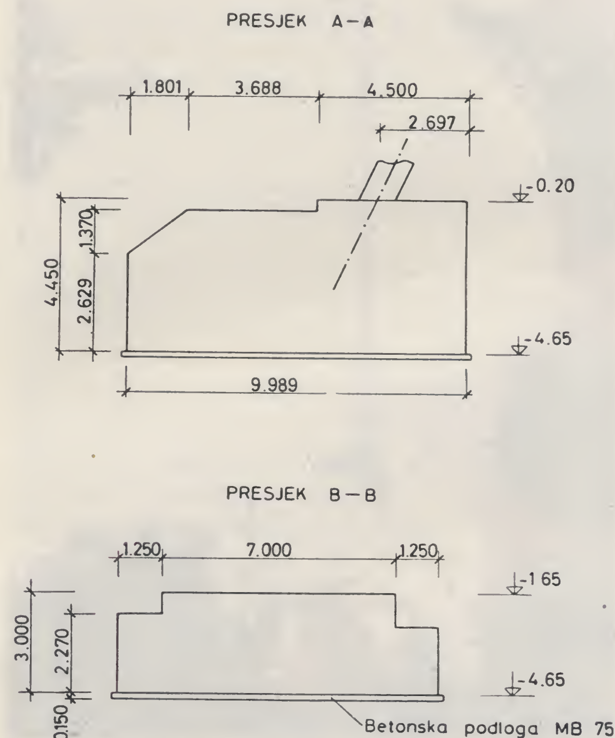
Konačno izvedeni temelj je prstenasta deseterokutna ploča (sl. 3) širine 9,5 m i debljine 3,0 do 4,5 m. Po opsegu se nalazi napregnuta armatura. Na svakoj stranici je 10 omota. Svaki omot se sastoji iz 104 svežnja sa po 24 žice promjera 5 mm. Ta armatura je stavljena u čelične cijevi i svaki snop je nategnut silom od 54 t. Ukupna tlačna uzdužna sila u prstenu izazvana prednaprezanjem iznosi cca 5600 t, što je smanjilo vlačne napone u betonu do te mjere da se ne treba plašiti pojave pukotina.

Radovi na ojačanju temelja izvođeni su paralelno s montažom armaturnog skeleta nogu, što je bilo vrlo neugodno. Ovi radovi su završeni zapunjavanjem kanala cementnim mlijekom u oktobru 1964. god.

Nadzemna konstrukcija

Nadzemna konstrukcija tornja, kako je u uvodu već rečeno, podijeljena je na tri dijela: konus, cijev i antena. Noge su sastavni dio konusne ljuske i one ulaze u gornji dio konusa bez loma. Na mjestu gdje se završavaju noge nalazi se prva stropna konstrukcija, koja se oslanja na toranj i centralni

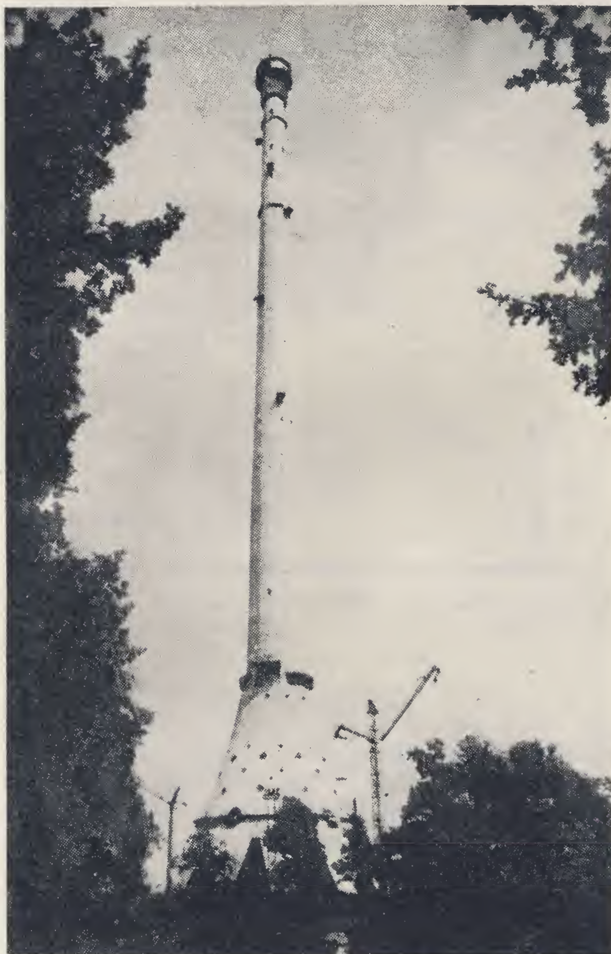




Sl. 3: Temelj tornja

cilindar, čiji je dijametar 8,0 m. U tom cilindru su liftovi i ostali komunikacioni uređaji. Ovaj prvi strop je naborana armiranobetonska konstrukcija. Konus je dvostruko armiran i ima debljinu stijene konstantnu —50 cm. Na visini 63 m, gdje se završava konus izgrađena je jaka dijafragma. Dalje se nastavlja »cijev« koja je do visine 311 m također konusna, a dalje je cilindrična. Na konusnom diejlu »cijevi« debljina stijenke je 40 cm, a na cilindričnom 35 cm.

Mnogobrojne vanjske konstrukcije na »cijevi« su metalne. Konstrukcija balkonskih konzola na donjem dijelu je prilično jednostavna. Konzolne grede su ukliještene u otvore, koji su ostavljeni u »cijevi« tornja. Konstruktivna shema gornjeg dijela vanjskih konstrukcija je mnogo složenija, što je jasno kad se ima u vidu da tamo ima 10 etaža, a trebalo je izbjeći da se horizontalne sile izazvane momentima konzole prenose na toranj. U cilju smanjenja pritiska od vjetra visina etaža je minimalna. Čitav ovaj vanjski dio ima dva linijski koncentrirana prstenasta oslonca. Donji je šuplji (sandučasta) prstenasta konstrukcija trokutastog presjeka, na koju se oslanjaju stubovi, koji drže restoran. Na taj način je smanjen raspon konzolne grede na 3,0 m. Gornji oslonac je



Sl. 4: Armiranobetonski dio tornja

prostorna (štapna) rešetkasta prstenasta konstrukcija na koju su ovješene donje etaže. Zahvaljujući takvoj konstrukciji dobijen je na glavnoj platformi prostor širine 5,0 m. Ovakvo rješenje, kojim je postignuto da se na »cijev« tornja prenose samo vertikalne sile, diktirano je i teškoćom usidrenja većih konzola, s obzirom da je »cijev« na većoj visini ispunjena liftovima i drugim komunikacijama.

Konus i »cijev« su prednapregnuti od kote +43 m do kraja armiranobetonskog dijela. Prednaprezano je pomoću čeličnih užadi koja su nategnuta s unutarnje strane, van betona, paralelno s izvodnicom cijevi. Ukupno ima 150 užadi. Svako uže sastoji se iz 259 žica promjera 1,8 mm. Čvrstoća žice je 170 kg/mm². Žice su pokrivene slojem cinka 180 kg/m². S kote +43 m počinje 120 užadi, a daljnjih 30 s kote +63 m. Prema vrhu smanjuje se broj užadi počev od kote +195 m, i do vrha dolazi 60 komada. Užad se usidruje u prstenaste konzole. Svako uže nateže se silom od 72 t. Ukupna sila prednapona iznosi u donjem dijelu »cijevi« 10.800 t, a pri vrhu 4300 t. Natezanje užadi obavljano je specijalnom presom koja djeluje kontinuirano, zbog velike deformacije užadi, koja je dostizala i do 3,0 m. Užad su naprezana do 65% čvrstoće plus kompenzacija od očekivane relaksacije naprezanja. Poslije zatezanja užeta, sila je provjeravana mjerenjem frekvencije poprečnih vibracija.

Na svakih 7 m visine užad su spojena sa stijenom »cijevi«. Na taj način je osigurano zajedničko deformiranje »cijevi« i užadi, tako da su ta užad ne samo sredstvo pomoću kojeg se daje dodatna uzdužna sila nego rade i kao armatura.

Antena je čelični dio tornja. Ona se sastoji iz pet cilindričnih cijevi kružnog i jedne cijevi kvadratičnog presjeka. Cilindrične kružne cijevi su raznih dijametara od 4,0 m do 0,73 m i raznih dužina: 19 do 36 m. Kvadratična cijev je dužine 8,0 m, a presjeka je 16 x 16 cm. Debljina čeličnih cijevi je od 30 do 12 mm. Na vrhu antene je mala platforma za jednog čovjeka.

Ukupna težina antene je 360 t.

Proračun

Statičkom proračunu temelja su prethodila detaljna ispitivanja tla. Određeni su moduli deformacije svih slojeva. Proračunata su očekivana slijeganja i rezultat tih proračuna je pokazao da slijeganja neće imati nikakav uticaj na konstrukciju, što se kasnije i potvrdilo posmatranjem slijeganja, o čemu će još biti govora.

Statički sistem temelja je kontinuirana prstenasta greda sa zglobnim ležajevima. Opterećenje je naprezanje tla uz pretpostavku ravnog zakona raspodjele.

Naprezanje tla pod temeljnom pločom od vertikalnog opterećenja iznosi 2,64 kgcm², a rubno naprezanje od opterećenja vjetrom ±0,42 kg/cm². Maksimalno rubno naprezanje je 3,06 kg/cm².

Proračun temelja je vrlo detaljno proveden. Pri tome su se, po riječima glavnog konstruktora, ru-

kovodili starim pravilom da pri gradnji temelja »ni truda ni strpljenja ne treba žaliti«.

Ako koeficijentom stabilnosti smatramo odnos momenta stabiliteta prema momentu prevrtanja (uslijed vjetra) onda možemo kazati da je ovaj toranj vrlo stabilna građevina, jer je taj odnos cca 10.

Proračun tornja na horizontalno opterećenje-vjetar je također detaljno proveden. Uzeto je u obzir opterećenje vjetrom po sovjetskim propisima pomnoženo s koeficijentom 1,4 što odgovara brzini vjetra od 43 m/sek na visini 350 m i većoj. Ovo je svakako pretjerano, što se može vidjeti i iz priloženog dijagrama raspodjele brzine vjetra (sl. 5) na visini 500 m, koji je nacrtan na temelju rezultata opažanja kroz 15 godina. Samo jedanput u toku tog perioda registrirana je na visini 500 m brzina vjetra od 32 m/sec. Ali s obzirom na visinu građevine i nedostatke tačnijih podataka za duži period vremena opreznost proejktanata je na mjestu. Dinamičko djelovanje vjetra je također uzeto u obzir po normama, s tom razlikom što su bile određene tri forme harmonijskih oscilacija, a pri određivanju amplituda oscilacija uzimana je u obzir razlika u linijama oscilacije i opterećenja vjetrom. Odstupanje od normi je u tome što se po normama dinamika opterećenja vjetrom uzima u obzir popravnim koeficijentom statičkog opterećenja. Po normama se bitno razlikuju dinamički koeficijenti za čeličnu i betonsku konstrukciju, a pošto je konstrukcija tornja sastavljena od oba ova materijala, trebalo je odrediti dinamični koeficijent posebno. To je riješeno tako da je taj koeficijent određen interpolacijom proporcionalno količini potencijalne energije sadržanoj u čeličnom i armiranobetonskom dijelu konstrukcije.

Proračunski model je konzola sa 24 koncentrirane mase i 24 elastična zgloba (sl. 6). Proračun je rađen metodom iteracije uz korištenje najjednostavnije računske tehnike.

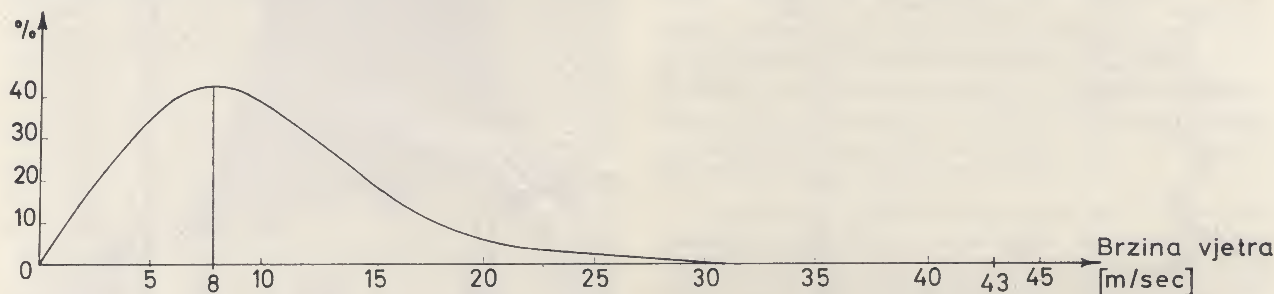
Kod svih proračuna (statičkih i dinamičkih) uzimane su u obzir deformacije, što je dovelo do povećanja momenata savijanja za 15%.

Na slici su pokazani rezultati proračuna tornja na djelovanje vjetra.

Proračun na nejednoliko djelovanje temperature (jednostavno zagrijavanje suncem) je obavljen uz pretpostavku temperaturne razlike na suprotnim stranama od 20°C, uz linearni zakon raspodjele. Od tog djelovanja je izračunati progib vrha tornja iznosio cca 3,0 m.

Pored stalnog i korisnog opterećenja, djelovanja vjetra i jednostranog zagrijavanja tornja uzeto je kod proračuna u obzir još: regularna i neregularna slijeganja temelja kao i sezonske promjene temperature u nogama i konusu pri nepromijenjenoj temperaturi temelja.

Najveći otklon vrha tornja uz uzimanje u obzir najnepovoljnijih uticaja (vjetar, temperatura) po proračunu može dostići 14,0 m, ali je vrlo mala vjerojatnost da se to može ikada dogoditi.



Sl. 5. Dijagram raspodjele brzine vjetra

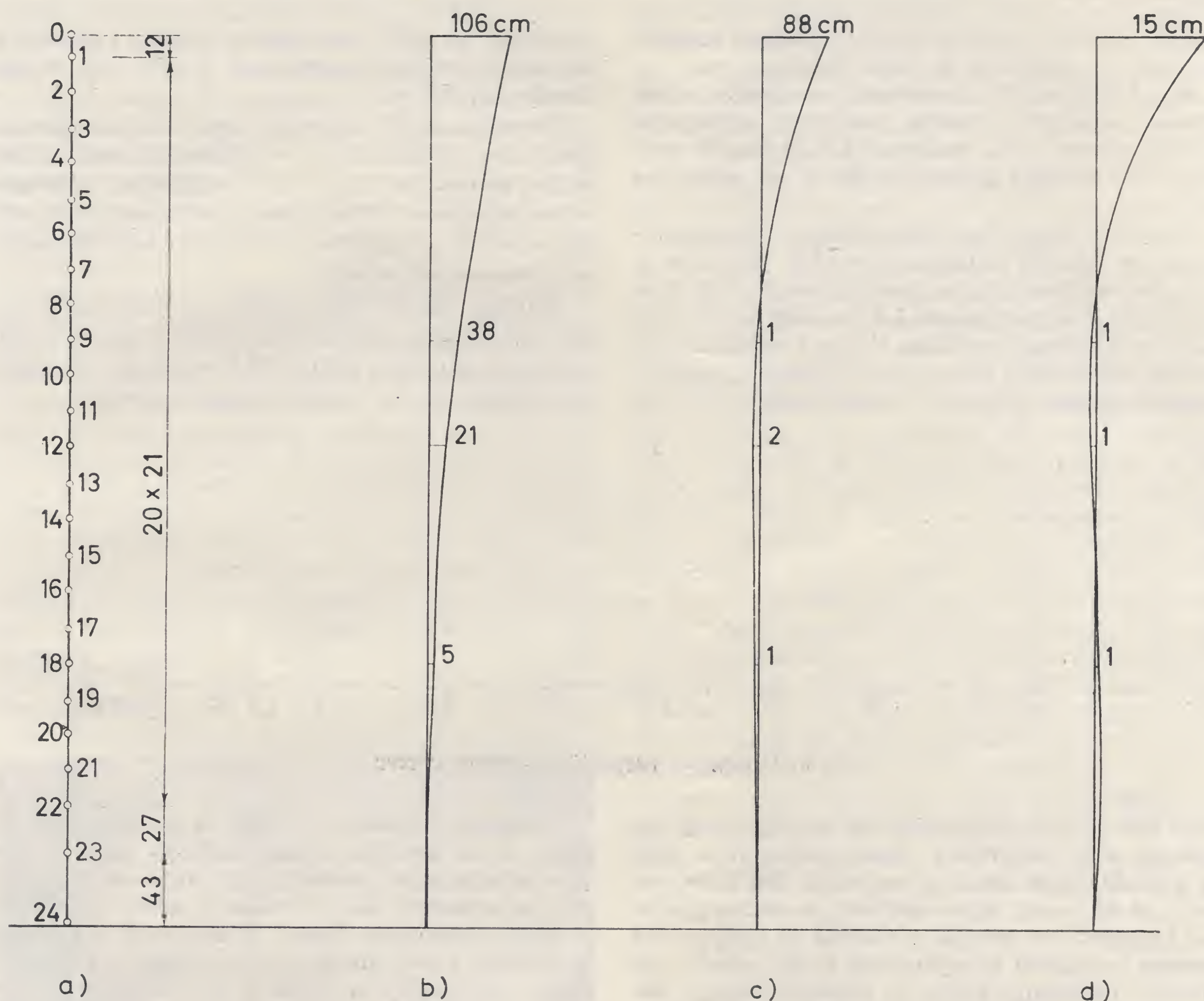
Proračun čvrstoće je rađen za granično stanje. Uzeto je da granično stanje nastupa pri dvostrukom izračunatom momentu savijanja uz nepromijenjenu uzdužnu silu od vlastite težine i prednapregnute armature. Takav koeficijenat sigurnosti je prilično visok, mnogo veći od onog koji se normalno primjenjuje u SSSR-u, ali s obzirom na karakter građevine i njenu unikalnost razumljiva je i ova mjera opreza.

Izvedba

O izvedbi temelja već je ranije dosta rečeno. Još ćemo dati opis izvedbe nadzemnog dijela tornja.

Armatura konusa je napravljena u obliku skeleta, koji je gotov postavljen na mjesto ugradbe. Ovaj skelet nije bio u potpunosti nosiva konstrukcija već se oslanjao na montažne čelične rešetkaste nosače. Skelet je osiguravao pravilni geometrijski oblik tako da se na njega pričvršćivala oplata bez geodetskih provjeravanja. Pri izvedbi prvog stropa (naborana konstrukcija) uzeta je u obzir moguća razlika u slijeganju tornja i centralnog cilindra na koji se također oslanja ovaj strop. Betoniranje konusa je bilo zimi, radi čega je oplata zagrijavana električnim putem. Betoniranje ovog dijela tornja do visine 63 m urađeno je za 6 mjeseci. Ovo je vrlo kratak rok kada se ima u vidu pod kakvim je klimatskim uslovima izvođeno (ruska zima) i što je sve izgrađeno u unutrašnjosti konusa.

Za betoniranje »cijevi« napravljen je specijalni agregat. To je bio tzv. »samopodizni« agregat, koji se opirao sa tri »šape« na betonsku ljusku. Pomoću specijalnog mehanizma agregat se podizao gore za



Sl. 6: Proračun na djelovanje vjetra: a) proračunska dinamička shema, b) c) d) I, II i III forma oscilacija (različita mjerila)

5,25 m nakon čega su se preostale tri »šape« (gornje) izvlačile i opirale na »cijev« tako da se težina agregata predavala na gornje oslonce, a donje »šape« su bile oslobođene tereta. Zatim su se one izvlačile i dizale gore za visinu 5,25 m i oslanjale na beton. Na taj način je agregat oslanjajući se na cijev »koračao« gore.

Agregat je sam po sebi bio složen i težak uređaj. On je nosio: oplatu, 3 etaže unutarnjih podijuma, 4 etaže vanjskih visećih skela. Bila je izrađena i lagana ograda, a izvana je visila tzv. »suknja« od nesagorive tkanine. »Suknja« je bila toplotni izolator. Unutra su bili kaloriferi koji su održavali normalnu temperaturu. Pored svega ovoga na agregatu se nalazila dizalica za dizanje tereta do 5,0 t.

Vanjska oplata postavljena je odmah na cijelu visinu jednog ciklusa (5,25 m), a unutarnja u dijelovima po 1,30 m visine. Betoniralo se kontinuirano na čitavu visinu ciklusa. Betoniranje »cijevi« trajalo je 17 mjeseci. Izveden je 61 ciklus, s prosječnim trajanjem od po tjedan dana. Ovdje je interesantno napomenuti da je rok izvedbe armiranobetonskih radova ispunjen sa zadivljujućom tačnošću. Plan dinamike gradnje je predviđao da betoniranje bude dovršeno 1. septembra 1966. godine, a ono je stvarno dovršeno 31. augusta iste godine. Grafikon napredovanja radova bio je napravljen još 1963. godine.

Prilikom izgradnje »cijevi« naročita pažnja je posvećena geodetskim radovima. Nakon podizanja agregata provjeravala se vertikalnost »cijevi« izvana. S triju se tačaka teodolitima određivao smjer izvodnica »cijevi«, pomoću čega je izračunavan položaj njene osi u prostoru. Ti radovi su obavljani rano ujutro u vrijeme kad nije bilo vjetra, a bile su angažirane dvije nezavisne ekipe geodeta. Na taj način se provjeravala vertikalnost »cijevi« i kontrolirao rad geodeta. Sve je to omogućilo da »cijev« bude izvedena do visine 385 m s otklonom vrha od 5 cm ili 1/7700 dio visine, što je također svojevrsni rekord, jer se hiljaditi dio visine smatra normalnim otklonom kod izvedbe visokih građevina.

Montaža antene je bio vrlo težak posao s obzirom da su vjetrovi i magle u mnogome ometali

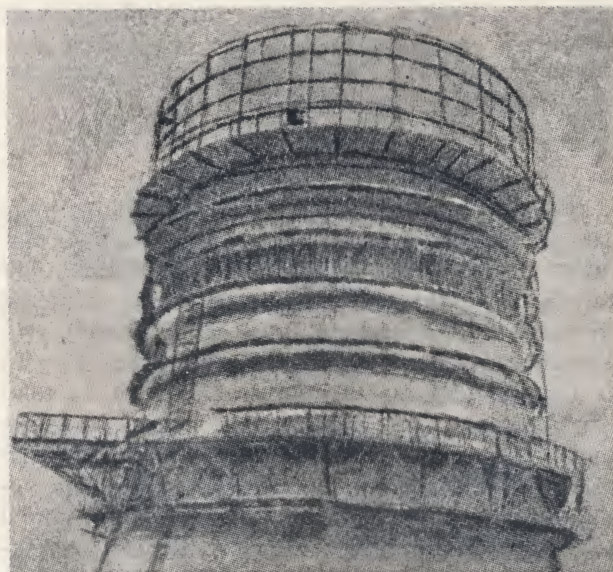
odvijanje radova. Antena je podizana u dijelovima, koji su prethodno bili izgrađeni na zemlji. Za montiranje su korišćene dvije dizalice. Prva je bila na kraju konzolne platforme na visini 385 m i njome su podizani dijelovi antene na tu visinu, a dalje ih je preuzimala druga, koja je bila pričvršćena na samoj anteni i »koračala« je po njoj gore. Na taj način su montirani svi dijelovi antene. Težina pojedinih montažnih elemenata bila je do 25 t. Montažni spojevi izvedeni su zavarivanjem.



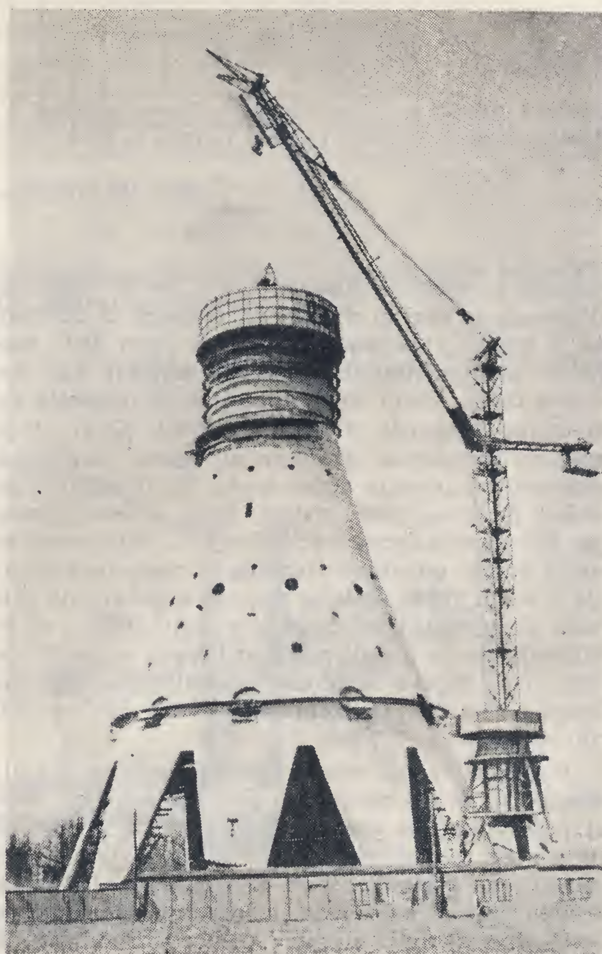
Sl. 7: Izvođenje konusa

Naročita je pažnja bila posvećena kvalitetu građevinskog materijala. Na samom gradilištu izgrađena je tvornica betona kao i specijalni laboratorij u kojem su brižljivo ispitivani cement, agregat i beton. Predviđena i ostvarena marka betona je 400. Na tornju je ispitivan gotov beton na nastavcima i ostalim sumnjivim mjestima pomoću ultrazvuka. Rezultati ispitivanja su obrađivani statistički. Dobijen je visoki stepen jednoličnosti rezultata ispitivanih betonskih kocaka pri čemu su uzorci čuvani u prirodnim uvjetima. Ispitivanja su pokazala da je postignuti kvalitet betona u pogledu ujednačenosti rezultata bio bolji nego u tvornicama montažnog armiranog betona.

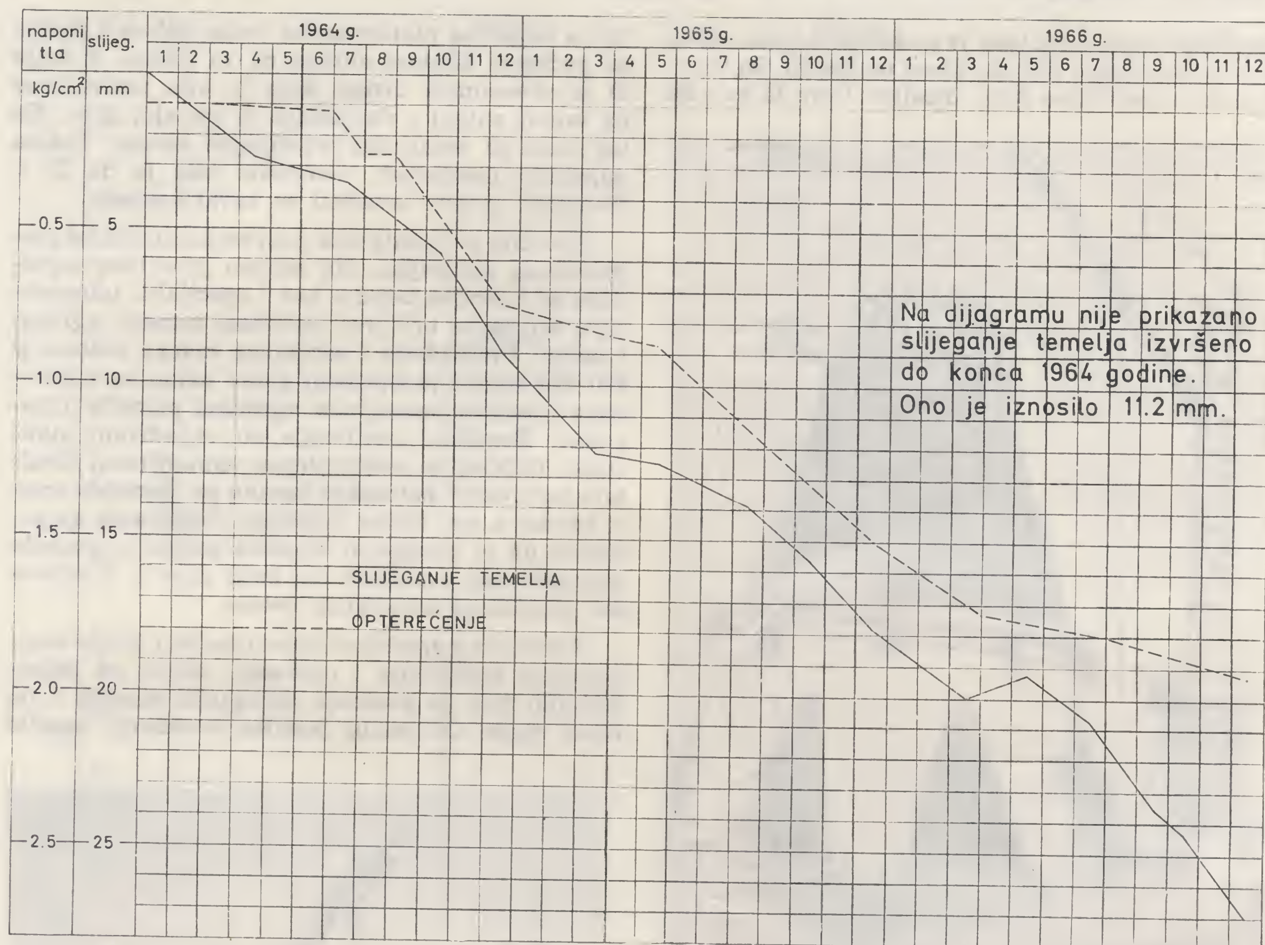
Paralelno s gradnjom obavljana su i druga mnogobrojna ispitivanja i opažanja. Jedno od najozbiljnijih bilo je praćenje slijeganja temelja i tla ispod njega. Od samog početka izvođenja temelja



Sl. 8: »Samopodizni« agregat



Sl. 9: Početak izvođenja »cijevi«



Sl. 10: Grafikon slijeganja temelja

praćeno je njegovo slijeganje i to na 40 markica. Očitavalo se svakih dva do tri mjeseca. S obzirom da je toranj praktički beskonačno kruti disk, mogla se uzeti aritmetička sredina očitanja kao dovoljno tačna. Osim toga, opažanja su pokazala da su zaista slijeganja bila ravnomjerna. Na sl. 10 je pokazan vremenski grafikon slijeganja temelja u ovisnosti od porasta opterećenja. Na dijagramu su podaci do kraja 1966. godine, kada je temelj imao već 93% cjelokupnog opterećenja. U dijagramu se opaža čudno ponašanje temelja u pogledu slijeganja u maju 1964., kada je nastalo usporavanje prirasta slijeganja, i još čudnije u maju 1965., kad se pokazalo da se temelj podigao iako je opterećenje raslo. Ova pojava se objasnila proljetnim zagrijavanjem temelja. Uz zagrijavanje od 15°C gornji rub se podiže za 0,7 mm.

Pored slijeganja samog temelja praćeno je i slijeganje tla ispod njega i to pomoću markica, koje su postavljene na raznim dubinama: 5, 11 i 23 m od donjeg ruba temelja. Bile su postavljene po 4 markice na svakom nivou. Slijeganja tih markica su bila dosta ujednačena. Iz razlike slijeganja po vertikali susjednih markica dobila se deformacija sloja, odakle su izračunati moduli deformacije slojeva.

Osnovni građevinski radovi završeni su 27. aprila 1967. god. kada je montiran najgornji dio antene i postavljena zastava, koja je veći dio godine nevidljiva sa zemlje s obzirom da se nalazi u oblacima. Ostali radovi su u toku i bit će dovršeni do novembra ove godine, kao prilog sovjetskog građevinarstva proslavi 50-godišnjice Velike oktobarske socijalističke revolucije.

Podatke koji su iznijeti u ovom članku dobio sam od glavnog konstruktora tornja, doktora tehničkih nauka N. V. Nikitina, čiji sam referat o TV tornju u Moskvi imao prilike da saslušam na IV Svesaveznoj konferenciji SSSR-a posvećenoj problemima čvrstoće i plastičnosti. Osim toga bilo mi je omogućeno da posjećujem gradnju tornja u toku prve polovine 1967. god., što je pomoglo da se detaljno upoznam s problemima projektiranja i izgradnje ovog objekta. Ovom prilikom ističem veliku ljubaznost dr Nikitina s kojim sam vodio u nekoliko navrata razgovore o problemima projektiranja i gradnje tornja i koji mi je izašao u susret prilikom prikupljanja podataka za članak.

OSCILACIJA VODENE MASE U SISTEMU DOVODNI TUNEL - VODNA KOMORA (NAGLO POTPUNO ZATVARANJE)

Prof. Dr Vasilij Andrejev, Zagreb

Vodne komore stalnog poprečnog presjeka nemaju u novije vrijeme onu primjenu, koju su imale ranije, ali bez obzira na to njihova teorija još uvijek može poslužiti za orijentaciju prilikom projektiranja vodne komore složenog oblika.

U raspravi je izloženo rješenje osciliranja vodene mase u sistemu dovodni tunel-vodna komora sa stanovišta, sa kojeg se taj problem nije tretirao, tj. sa stanovišta promatranja oscilacije brzina, a ne oscilacija vodnog nivoa*.

Takav pristup tom problemu ima svoju dobru stranu u jednostavnosti, jer upotrebljava sasvim jednostavan i standardni matematički aparat, koji se izlaže u normalnom kursu dinamike na Građevinskom fakultetu. Takav pristup čini taj problem dostiživim svim inženjerima i donekle skida s njega veo tajanstvenosti kao nekog posebno teškog problema, kojim se on prikazuje još sada u literaturi.

Iako se ovdje tretira problem prizmatičkih vodnih komora, nije teško vidjeti, da baš prvi postupak tabelarnog rješenja »korak po korak« je upotrebiv za svaki slučaj sa vrlo malom modifikacijom.

Naravno, izlaganje se iznosi sa svrhom, da se ono produži i zahvati druge slučajeve, na čemu će raditi autor u domeni nelinearnih oscilacija, a svakako još poželjnije bilo bi, da takav pristup izlaganju inicira interes kod mlađih inženjera, koji počinju svoju karijeru na području, u koje problem spada.

U slučaju naglog zatvaranja odvoda na turbinu nastaju oscilacije vodene mase u sistemu dovodni tunel-vodna komora (sl. 1).

Kao što je u literaturi poznato, takva pojava se opisuje diferencijalnom jednadžbom

$$\frac{d^2y}{dt^2} - \frac{F}{f} \varkappa \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + k^2 y = 0 \qquad (1)$$

u kojoj y (t) označuje nivo vode u vodnoj komori, F i f označuju površine poprečnih presjeka vodne komore i dovodnog tunela, a $\varkappa$ i k^2 su parametri, koji nastaju kao

$$\varkappa = \frac{gL'}{c^2RL} \quad \text{i} \quad k^2 = \frac{g\,f}{L\,F},$$

pri čemu je

L — duljina dovodnog tunela,

L′ — reducirana duljina, tj.

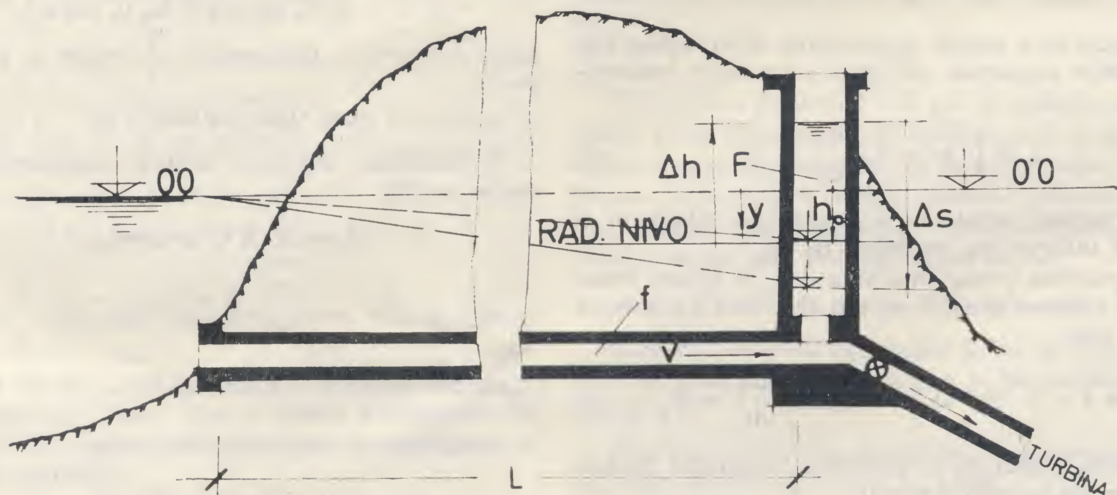
$$L' = L + \frac{\Sigma\,\xi}{\lambda} D$$

Između srednje brzine vode u tunelu i visine vode y (t) u vodnoj komori postoji fizička relacija

$$\frac{dy}{dt} = -\frac{f}{F} v \qquad (2)$$

(jednadžba neprekidnosti), pomoću koje jednadžba (1) prelazi u jednadžbu

$$\frac{d^2v}{dt^2} + 2\varkappa v \frac{dv}{dt} + k^2 v = 0 \qquad (3)$$



Sl. 1

Budući da je projektantu potrebna visina y (t), u literaturi, koliko nam je poznato, analizira se i riješava se jednadžba (1) i obično grafičkim postupkom.

Ovdje ćemo se pozabaviti jednadžbom (3), jer poznajući brzinu v nije teško odrediti visinu vode u vodnoj komori y (t).

Jednadžba (3) ima svoje parametarsko rješenje, koje je praktički neupotrebivo pa ćemo zato potražiti približno numeričko rješenje. Oblik te jednadžbe podsjeća nas na tipičnu jednadžbu oscilatora sa viskoznim prigušenjem svakog mehaničkog sistema s jednim stepenom slobode. Ta se jednadžba u mehanici obično piše u obliku

$$\frac{d^2v}{dt^2} + 2n\frac{dv}{dt} + k^2v = 0 \tag{4}$$

gdje n označuje koeficijent prigušenja.

U jednadžbi (3) stalni koeficijent n zamjenjen je promjenljivim koeficijentom $\varkappa v(t)$. Iz te jednadžbe može se preći na integralno-diferencijalnu jednadžbu

$$\frac{dv}{dt} + \varkappa v^2 + k^2 \int_t^0 v dt + C_1 = 0, \tag{5}$$

u koju ulazi ubrzanje i brzina, a također u nekoj relaciji i volumen vode, koji utiče (ističe) u rezervoar i koji se predočuje integralom $k^2 \int_0^t v dt$. Konstanta C_1 određuje se u zavisnosti od početnih uvjeta.

Jednadžba (5) pomoći će nama kontrolirati svaki korak računskih operacija, koje ćemo provoditi pomoću jednadžbe (3), jer je ona prikladnija za takve operacije.

Prvi postupak

Jednadžbu (3) možemo napisati u obliku

$$\frac{d^2v}{dt^2} + \left(2\varkappa\frac{dv}{dt} + k^2\right) v = 0 \tag{6}$$

i smatrati je u malim vremenskim intervalima kao jednadžbu slobodnih oscilacija s kružnom frekvencijom

$$\omega_i = \sqrt{k^2 + 2\varkappa\frac{dv}{dt}}, \tag{7}$$

koju možemo smatrati konstantnom veličinom u takvim intervalima vremena (sl. 2).

U početku prvog intervala Δt_1, u kojem ćemo tekuće vrijeme označiti sa τ ($o \leq \tau \leq \Delta t_1$), početni uvjeti jesu

$$\text{za } \tau = 0 \text{ je } 1)\ v = v_0 \text{ i } 2)\ \frac{dv}{dt} = 0 \tag{8}$$

Odatle slijedi da je približna vrijednost kružne frekvencije za prvi interval

$$\omega_1 = k, \tag{9}$$

i rješenje u općem obliku je

$$v_1 = A_1 \cos\omega_1\tau + B_1 \sin\omega_1\tau \tag{10}$$

a uzimajući u obzir uvjete (8), dobivamo vrijednosti konstanata

$$A_1 = v_0 \quad \text{i} \quad B_1 = 0,$$

nakon čega imamo za prvi interval:

$$v_1 = v_0 \cos\omega_1\tau = v_0 \cos k\tau \tag{11}$$

$$\dot{v}_1 = -\omega_1 v_0 \sin\omega_1\tau = -kv_0 \sin k\tau \tag{12}$$

Jednadžbama (12) možemo se služiti u intervalu $o \leq \tau \leq \Delta t_1$. Za kontrolu tačnosti veličina, koje izlaze iz tih i daljnih formula možemo iskoristiti jednadžbu (5), u kojoj će konstanta C_1 uz početne uvjete (8) biti

$$C_1 = -\varkappa v_0^2$$

i jednadžba (5) će dobiti ovaj oblik

$$\frac{dv}{dt} + \varkappa(v^2 - v_0^2) + k^2 \int_0^t v dt = 0 \tag{13}$$

Pretpostavimo da je interval Δt_1 uzet toliko malen, da se jednadžba (13) zadovoljava u granicama potrebne tačnosti za $\tau = \Delta t_1$ i za vrijednosti za v_1 i $\dot{v}_1$ iz (12). U tom slučaju prelazimo na interval Δt_2, koji odmjeravamo od nule tako da će za drugi interval biti

$$0 \leq \tau \leq \Delta t_2.$$

Takvo odmjeravanje vremena u drugom intervalu ima neke formalne prednosti.

Početni uvjeti za drugi interval bit će za $\tau = 0$ je

$$1)\ v_{02} = v_1(\Delta t_1) = v_0 \cos\omega_1 \Delta t_1$$

$$2)\ \dot{v}_{02} = \dot{v}_1(\Delta t_1) = -\omega_1 v_0 \sin\omega_1 \Delta t_1 \tag{14}$$

Opće rješenje za drugi interval bit će

$$v_2 = A_2 \cos\omega_2\tau + B_2 \sin\omega_2\tau$$

$$\dot{v}_2 = -\omega_2 A_2 \sin\omega_2\tau + \omega_2 B_2 \cos\omega_2\tau \tag{15}$$

pri čemu kružna frekvencija ω_2 uzima se po formuli

$$\omega_2 = \sqrt{k^2 + 2\varkappa \dot{v}_1(\Delta t_1)} \tag{16}$$

S početnim uvjetima iz (14) dobivamo konstante iz (15)

$$A_2 = A_1 \cos\omega_1\Delta t_1 = v_0 \cos\omega_1\Delta t_1$$

$$B_2 = -\frac{\omega_1}{\omega_2} A \sin\omega_1\Delta_1 = -$$

$$-\frac{\omega_1}{\omega_2} v_0 \sin\omega_1\Delta t_1 \tag{17}$$

Nastavljajući tim putem dobivamo

$$\omega_i \doteq \sqrt{k^2 + 2\varkappa \dot{v}_{i-1}(\Delta t_{i-1})} \tag{18}$$

$$v_i \doteq A_i \cos\omega_i\tau + B_i \sin\omega_i\tau,$$

$$\dot{v}_i \doteq -\omega_i A_i \sin \omega_i \tau + \omega_i B_i \cos \omega_i \tau, \quad (19)$$

pri čemu je

$$A_i = v_{i-1} (\Delta t_{i-1})$$

$$B_i = \frac{\dot{v}_{i-1} (\Delta t_{i-1})}{\omega_i} \quad (20)$$

U toku prve četvrtine vala (sl. 2) je $\dot{v}_1 (\tau) < 0$ i $v_1 (0) = 0$. Na taj način uzimajući frekvenciju ω_1 po formuli (18) (s općim indeksom i) dobivamo za nju veću vrijednost, jer je

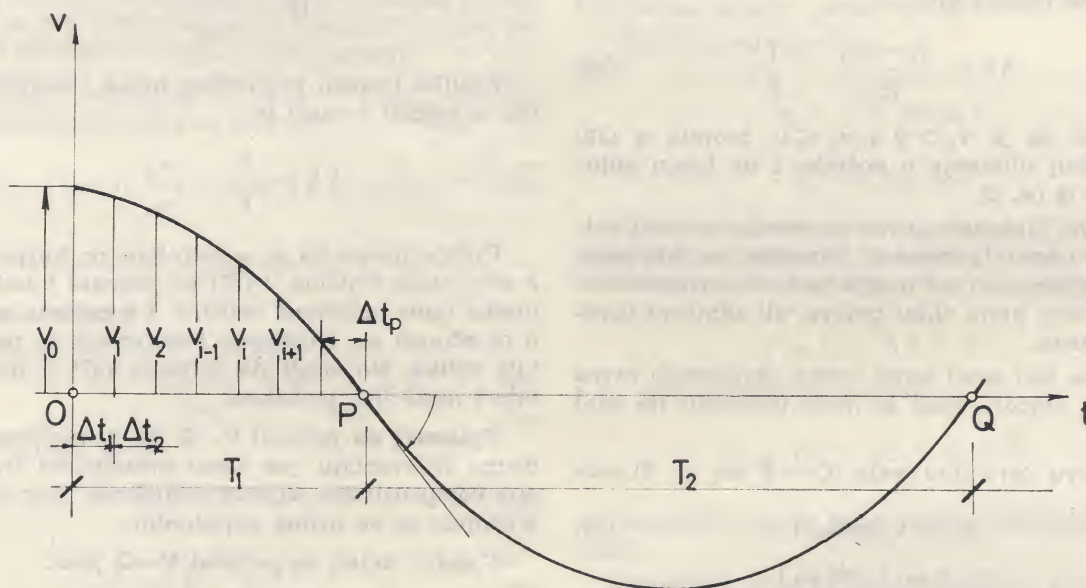
$$|\dot{v}_{i-1} (\Delta t_{i-1})| < |\dot{v}_i (\Delta t_i)|$$

Najviši nivo vode u vodnoj komori prelazi na gore od 0—0 nivoa (sl. 1) i određuje se kao

$$y_{max} = \Delta h - h_0 = \frac{\varkappa v_0^2 - \dot{v}_p}{k^2} \cdot \frac{f}{F} - h_0 \quad (24)$$

U formulama (23) i (24) su poznate sve veličine osim $\dot{v}_p$, tj. osim ubrzanja na kraju prve četvrtine vala (tačka P na sl. 2). Položaj tačke P odnosno zadnji interval Δt_p može se odrediti u procesu proračuna pomoću relacija (18)—(20) iz relacije

$$\Delta t_p \doteq \frac{v_{p-1}}{\dot{v}_{p-1}} \quad (25)$$



Sl. 2

Uticaj navedene netačnosti na tačnost veličine frekvencije ω_i ne može biti znatan, jer se netačno uzeta veličina nalazi ispod korijena.

Zbog kratkoće u pisanju uvodimo oznaku

$$\int_0^{\Delta t_i} v_i (\tau)\, d\tau = I_i \quad (21)$$

Neka p^{-ti} po redu interval bude posljednji u četvrtini vala O—P (sl. 2). Tada (13) poprima ovaj oblik:

$$\dot{v}_p - \varkappa v_0^2 + k^2 \sum_{i=1}^{p} I_i = 0$$

No $\frac{f}{F} \sum_{i=1}^{p} I_i$ daje promjenu nivoa vode u vodnoj komori od trenutka zatvaranja do onog trenutka, kada prestaje dotok vode u vodnu komoru (tačka P na sl. 2). Na taj način, označujući razliku nivoa sa Δh dobivamo

$$\Delta h = \frac{\varkappa v_0^2 - \dot{v}_p}{k^2} \cdot \frac{f}{F} \quad (23)$$

Ova relacija je približna i može se koristiti samo uz uvjet da Δt_p bude mala veličina. Nakon toga $\dot{v}_p$ se može odrediti pomoću (18) i (19), pri čemu bit će kontrola pomoću prve formule (19), jer mora biti

$$v_p = 0.$$

Prelazeći u poluval P—Q (sl. 2) možemo se poslužiti istim računskim postupkom, koji je bio korišćen u operacijama u prvoj četvrtini vala O—Q. Brzinu istjecanja iz vodne komore možemo smatrati pozitivnom veličinom. Diferencijalna jednadžba ostaje ista. Početni uvjeti bit će

za $t = 0$ je 1) $v_o = v_p = 0$ i 2) $\dot{v}_o = \dot{v}_p$

Posljednji interval kod tačke Q (sl. 2) Δt_Q određuje se istim postupkom, kojim je bio određen interval Δt_p.

Popratna kontrolna jednadžba zbog postavljenih početnih uvjeta poprima ovaj oblik:

$$\dot{v} - \dot{v}_p + \varkappa v^2 + k^2 \int_0^t v\, dt = 0 \quad (26)$$

Ako se jednadžba (30) napiše za vrijeme t; koje je jednako poluperiodu T_{P-Q} (sl. 2), onda se dobije

$$\dot{v}_Q - \dot{v}_P + k^2 \int_0^{T_{P-Q}} v\, dt = 0$$

odnosno

$$\dot{v}_P - \dot{v}_Q = k^2 \int_0^{T_{P-Q}} v\, dt \qquad (27)$$

No integral

$$\frac{f}{F} \int_0^{T_{P-Q}} v\, dt$$

prikazuje razliku najvišeg i najnižeg nivoa u vodnoj komori, koja se odmjerava od y_{max}, a prema tome će ta razlika biti

$$\Delta s = \frac{\dot{v}_P - \dot{v}_Q}{k^2} \cdot \frac{f}{F} \qquad (28)$$

Budući da je $\dot{v}_p > 0$ i $\dot{v}_Q < 0$, brojnik u (32) bit će zbroj ubrzanja u početku i na kraju poluvala P — Q (sl. 2).

Opisano rješenje »korak po korak« je vrlo jednostavno i ima *algoritamski* karakter, pa zato može biti prilagođeno za računanje na automatskom stroju. Ono daje punu sliku pojave, ali zahtjeva utrošak vremena.

Ako se želi znati samo visina ekstremnih nivoa u vodnoj komori, tada se može postupati na ovaj način:

Za prvu četvrtinu vala (O — P na sl. 2) uzimamo:

$$v_1 \doteq v_0 \cos \omega_1 t \qquad (29)$$

$$\dot{v}_1 = \omega_1 v_0 \sin \omega_1 t$$

Početni uvjeti (za t = 0 je 1) $v = v_0$ i 2) $\frac{dv}{dt} = 0$)

se zadovoljavaju sa (29). Frekvencija ω_1 još nije poznata i nju ćemo, kao neku srednju veličinu, odrediti pomoću jednadžbe (13), od koje zahtjevamo da bude zadovoljena za vrijednost

$$\omega_1 T_1 = \frac{\pi}{2} \qquad (30)$$

Za $v = v_1$ iz jednadžbe (13) postaje

$$-\omega_1 v_0 \sin \omega_1 t + \varkappa v_0^2 (\cos^2 \omega_1 t - 1) +$$

$$+ k^2 \frac{v_0}{\omega_1} \sin \omega_1 t = 0 \qquad (31)$$

a u vezi sa (30) dobije se jednadžba za određivanje srednje frekvencije ω_1

$$\omega_1^2 + \varkappa v_0 \omega_1 - k^2 = 0 \qquad (32)$$

Tražena frekvencija ω_1 mora biti pozitivna veličina, pa zbog toga se dobije

$$\omega_1 = -\frac{\varkappa v_0}{2} + \sqrt{k^2 + \frac{\varkappa^2 v_0^2}{4}} \qquad (33)$$

Na taj način dobije se prva četvrtina perioda

$$T_1' = \frac{\pi}{2\omega_1} = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\sqrt{k^2 + \frac{\varkappa^2 v_0^2}{4}} - \frac{\varkappa v_0}{2}} \qquad (34)$$

Imajući određenu brzinu i prvu četvrtinu perioda možemo odrediti volumen vode, koja će ući u vodnu komoru, nakon zatvaranja dovoda, na agregate:

$$Q_+ = f v_0 \int_0^{T_1} \cos \omega_1 t\, dt = \frac{f v_0}{\omega_1} \sin \omega_1 t \Big|_0^{T_1} \qquad (35)$$

$$Q_+ = \frac{f v_0}{\omega_1} \qquad (36)$$

Razlika između pogonskog nivoa i najvišeg nivoa u vodnoj komori je

$$\Delta h = \frac{f}{F} \cdot \frac{v_0}{\omega_1} \qquad (37)$$

Primjećujemo da se ω_1 određuje po formuli (33), a sve ostale veličine u (37) su poznate i zadane, a prema tome netačnost veličina Δh zavisna je samo o netačnosti ω_1. Netačnost frekvencije ω_1 ne može biti velika, što znači da formula (37) u izvjesnoj mjeri može biti pouzdana.

Prelazeći na poluval P—Q (sl. 2) moramo uzeti drugu frekvenciju, jer samo promjenom frekvencije kompenziramo utjecaj prigušenja, koje u ovom postupku se ne uzima neposredno.

Početni uvjeti za poluval P—Q jesu:

za t = 0 je 1) $v_{2,0} = 0$ i 2) $\dot{v}_{2,0} = \dot{v}_p = -\omega_1 v_0$ (38)

Izraz za brzinu $v_2(t)$ poluvala P—Q mora zadovoljiti početne uvjete. Te uvjete zadovoljava izraz

$$v_2 = \frac{\dot{v}_p}{\omega_2} \sin \omega_2 t \qquad (39)$$

$$\dot{v}_2 = \dot{v}_p \cos \omega_2 t$$

Tu treba imati u vidu da $\dot{v}_p$ možemo odrediti na dva načina. Može se jednostavno uzeti $\dot{v}_p = -\omega_1 v_0$, kako to slijedi iz izraza $v_1(t)$ za prvu četvrtinu vala. Formalno uzeto, to bi bilo ispravno, ali stvarno to ne bi bilo ispravno, jer $\dot{v}_1(T_1) = \dot{v}_p = -\omega_1 v_0$ prenosi netačnost funkcije $v_1(t)$, budući da je $v_1(t)$ samo aproksimirajuća funkcija, pa njezine derivacije mogu biti netačne u mnogo većoj mjeri nego sama ta funkcija. Zbog toga za poluval P—Q treba odrediti $\dot{v}_p$ drugim putem, koji će dati tačniju vrijednost, a koji izlazi iz fizički ispravne relacije

$$y = \frac{v^2 L'}{c^2 R} + \frac{L}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \qquad (40)$$

za nejednoliko tečenje vode u dovodnom tunelu.

Za početak poluvala P—Q u jednadžbi (40) bit će

$$y = \Delta h - h_0, \quad v^2 = 0 \quad i \quad \frac{dv}{dt} = \dot{v}_p,$$

a iz toga slijedi da je

$$\dot{v}_p = (\Delta h - h_0) \frac{g}{L}$$

Uvodeći v_p iz (41) u (39) eventualno činimo mali prelom tangente u tački P, ali zato u velikoj mjeri povisujemo tačnost tražene veličine.

Pomoću $\dot{v}_p$ iz (41) možemo provjeriti sigurnost Δh iz formule (23). Zapravo se Δh može odrediti i pomoću formule (23), u koju se mogu uvrštavati neke približne vrijednosti (na desnu stranu te formule) za Δh i zatim se mogu korigirati prema rezultatu na lijevoj strani u toku iteracija.

Kružna frekvencija za poluval P—Q određuje se iz relacije (5), koja će poprimiti ovaj oblik

$$\dot{v} - \dot{v}_p + \varkappa v^2 + k^2 \int_0^t v \, dt = 0 \tag{42}$$

Uvrštavajući (39) u (42) pri $t = T_2 = \frac{\pi}{2\,\omega_2}$ dobivamo relaciju

$$-\dot{v}_p + \varkappa \left(\frac{\dot{v}_p}{\omega_2}\right)^2 + k^2 \frac{\dot{v}_p}{\omega_2} = 0, \tag{43}$$

iz koje slijedi da je

$$\omega_2^2 = k^2 + \varkappa \dot{v}_p \tag{44}$$

$$\omega_2 = k \sqrt{1 + \frac{\varkappa \dot{v}}{k^2}} \tag{45}$$

U (39) i (42) $\dot{v}_p$ i v_2 su uzete kao pozitivne.

Poluperiod bit će

$$T_2 = \frac{\pi}{\omega_2} \tag{46}$$

Sada se može odrediti volumen vode, koja će isteći iz vodne komore u toku poluvala P—Q.

$$V_{P-Q} = f \int_0^{T_2} v_2 \, dt = -f \frac{\dot{v}_p}{\omega_2} \int_0^{T_2} \sin \omega_2 t \, dt \tag{47}$$

$$V_{P-Q} = \frac{2 f \dot{v}_p}{\omega_2^2} \tag{48}$$

Razlika između najvišeg i najnižeg nivoa bit će

$$\Delta s = \frac{V_{P-Q}}{F} = \frac{2 f}{F} \cdot \frac{\dot{v}_p}{\omega_2^2} \tag{49}$$

Daljnji poluvalovi nemaju tehničkog značenja, ali oni se isto tako mogu prikazati približnim jednadžbama, sličnim jednadžbi (39).

Za idući val bilo bi

$$v_3 = \frac{\dot{v}_Q}{\omega_3} \sin \omega_3 t$$

$$\dot{v}_3 = \dot{v}_Q \cos \omega_3 t \tag{50}$$

Bilo bi neoprezno uzeti v_Q kao $v_2 (T_2)$. $\dot{v}_Q$ treba uzimati iz relacije (40), u kojoj y treba zamijeniti razlikom između najnižeg nivoa i statičkog nivoa, tj.

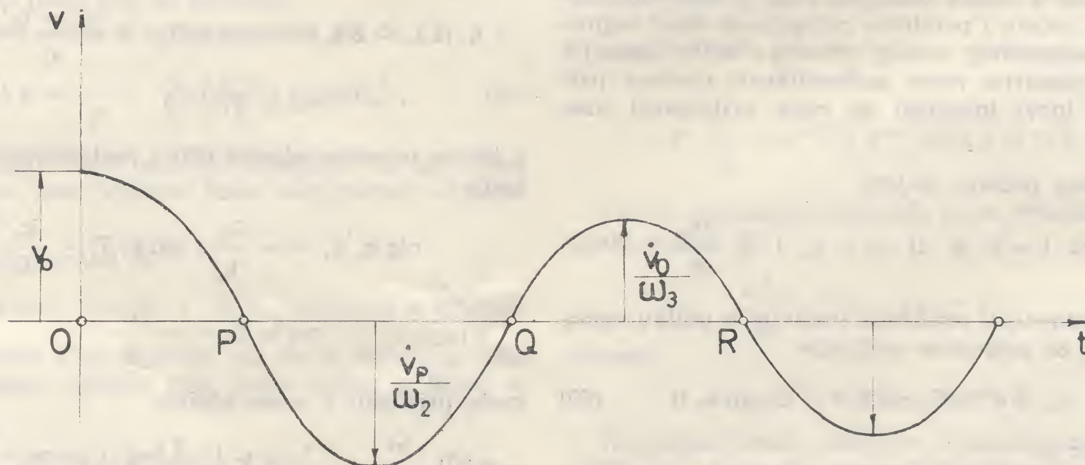
$$y \equiv h_0 - \Delta h + \Delta s \tag{51}$$

a $\dot{v}_Q$ opet odrediti po formuli

$$\dot{v}_Q = (h_0 - \Delta h + \Delta s) \frac{g}{L} \tag{52}$$

Razumljivo da će se sa svakim korakom tačnost gubiti.

Budući da će se razlike ekstremnih nivoa u odnosu na statički nivo po apsolutnoj vrijednosti smanjivati s udaljenošću poluvala od početka pojave, opisani postupak će se na svoj način »konvergirati«, a svaki poluval će se prikazivati polusinusoidom sa sve manjom amplitudom. Na osi vremena sinusoide eventualno trpe diskontinuitet, tj. male prelome u tangentama (sl. 3).



Sl. 3

Drugi postupak

Ako diferencijalnu jednadžbu (3) smatramo analognom jednadžbi (4), tada, uzimajući u malim intervalima vremena

$$n \doteq \varkappa v = \text{konst} \tag{53}$$

konstantnom veličinom, možemo napisati rješenje koje će biti približno ali upotrebivo za kratki interval

$$v = e^{-n\tau} (A \cos k' \tau + B \sin k' \tau) \tag{54}$$

U tom rješenju je

$$k' = \sqrt{k^2 - n^2} \tag{55}$$

i
$$0 \leqq \tau \leqq \Delta t$$

Na taj način za prvi interval Δt_1 s početnim uvjetima

za $\tau = 0$ je 1) $v = v_0$ i 2) $\frac{dv}{dt} = 0$

dobijemo:

$$A_1 = v_0, \quad B_1 = \frac{n_1}{k_1} v_0 \tag{56}$$

pri čemu je

$$n_1 = \varkappa v_0 \quad i \quad k_1 = \sqrt{k^2 - n_1^2} \tag{57}$$

Početni uvjeti za drugi interval bit će:

za $\tau = 0$ je 1) $v = v_1 (\Delta t_1)$ i 2) $\frac{dv}{dt} = \dot{v}_1 (\Delta t_1)$

Za drugi interval Δt_2 bit će

$$A_2 = v_1 (\Delta t_1), \quad B_2 = \frac{\dot{v}_1 (\Delta t_1) + n_2 v_1 (\Delta t_1)}{k^2} \tag{58}$$

$$n_2 = \varkappa v_1 (\Delta t_1) \quad k_2 = \sqrt{K^2 - n_2^2} \tag{59}$$

Ostajući na istom stanovištu u odnosu na jednadžbu (3) možemo potražiti približno rješenje te jednadžbe u obliku funkcije, koja bi zadovoljavala početne uvjete i približno prikazivala oblik neprekidno prigušenog valnog gibanja. Takva funkcija barem sumarno mora zadovoljavati prateću jednadžbu (prvi integral) za neke vrijednosti vremena t.

Zadane početne uvjete

$$\left(\text{za } t = 0 \text{ je 1) } v_1 = v_0 \text{ i 2) } \frac{dv_1}{dt} = 0\right)$$

mora zadovoljiti odabrana funkcija u obliku općeg rješenja za prigušene oscilacije

$$v_1 = e^{-\lambda_1 t} (C_1 \cos k_1 t + C_2 \sin k_1 t) \tag{60}$$

pri čemu je

$$k_1 = \sqrt{k^2 - \lambda_1^2} \tag{61}$$

Zadovoljenje početnih uvjeta zahtjeva da bude

$$C_1 = v_0 \quad i \quad C_2 = v_0 \frac{\lambda_1}{k_1} \tag{62}$$

tj.

$$v_1 = v_0 e^{-\lambda_1 t} (\cos k_1 t + \frac{\lambda_1}{k_1} \sin k_1 t), \tag{60a}$$

$$\dot{v}_1 = - v_0 \frac{k_1^2 + \lambda_1^2}{k_1} e^{-\lambda_1 t} \sin k_1 t$$

Koeficijent prigušenja λ_1 a zajedno s njim i frekvencija k_1 odredit će se pomoću prvog integrala, koji za prvu četvrtinu vala treba uzeti u obliku (13). Jednadžba (13) mora se zadovoljiti za sve vrijednosti t, ako se u nju uvrštava teoretski ispravan izraz za brzinu v i ubrzanje $\dot{v}$, no za približne izraze za te veličine ona će se zadovoljiti samo za jednu ili nekoliko vrijednosti argumenta t. Izaberimo vrijednost $t = T_1$ takvu da za nju bude $v_1 = 0$ (tačka P na sl. 2) i da za istu vrijednost bude zadovoljena jednadžba (13). Iz toga izlazi ova jednakost

$$\cos k_1 T_1 + \frac{\lambda_1}{k_1} \sin k_1 T_1 = 0 \tag{63}$$

Jednadžba (13) za $t = T_1$ poprimit će ovaj oblik

$$\frac{dv}{dt} - \varkappa v_0^2 + k^2 \int_0^{T_1} v \, dt = 0 \tag{64a}$$

Uvrštavajući $\dot{v}_1$ i v_1 iz (60a) dobijemo

$$- v_0 e^{-\lambda_1 T_1} \cdot \frac{k^2}{k_1} \sin k_1 T_1 - \varkappa v_0^2 +$$

$$+ k^2 v_0 \int_0^{T_1} e^{-\lambda_1 t} (\cos k_1 t + \frac{\lambda_1}{k_1} \sin k_1 t) \, dt = 0 \tag{64}$$

Nakon provođenja potrebnih operacija imamo

$$- v_0 e^{-\lambda_1 T_1} \cdot \frac{k_1}{k^2} \sin k_1 T_1 - \varkappa v_0^2 +$$

$$+ v_0 (2 \lambda_1 - 2 \lambda_1 e^{-\lambda_1 T_1} \cos k_1 T_1 + \frac{k_1^2 - \lambda_1^2}{k_1} \cdot$$

$$\cdot e^{-\lambda_1 T_1} \sin k_1 T_1) = 0 \tag{65}$$

a što se pomoću relacije (63) i posljedice iz te relacije

$$\operatorname{ctg} k_1 T_1 = - \frac{\lambda_1}{k_1}, \quad \sin k_1 T_1 = \frac{k_1}{k},$$

$$\cos k_1 T_1 = - \frac{\lambda_1}{k} \tag{66}$$

može prikazati u ovom obliku

$$- e^{-\lambda_1 T_1} \cdot \frac{k^2}{k_1} - \frac{\varkappa v_0}{k_1} \cdot k + \frac{2 \lambda_1}{k_1} k + e^{-\lambda_1 T_1} \cdot \frac{k^2}{k_1} = 0$$

Nakon kraćenja imamo

$$2\lambda_1 = \varkappa v_0$$

$$\lambda_1 = \frac{\varkappa v_0}{2} \tag{67}$$

Dakle, neka srednja vrijednost koeficijenta prigušenja određuje se vrlo lako, a pomoću njega iz (61) dobije se kružna frekvencija k_1, pa nakon toga određuje se položaj nul-tačke P na osi vremena (sl. 2), tj. kraj prve četvrtine vala.

Sada već postoji mogućnost za određivanje volumena vode koji će ući u vodnu komoru, pa čak i na dva načina.

Taj volumen se može odrediti neposredno, kao

$$V_1 = f \int_0^{T_1} v_1\, dt = f v_0 \int_0^{T_1} e^{-\lambda_1 t} (\cos k_1 t + \frac{\lambda_1}{k_1} \sin k_1 t)\, dt \tag{68}$$

tj.

$$V_1 = \frac{f v_0}{k^2} (2\lambda_1 + 2 \cdot \frac{\lambda_1^2}{k} \cdot e^{-\lambda_1 T_1} + $$

$$+ \frac{k_1^2 - \lambda_1^2}{k} e^{-\lambda_1 T_1}),$$

ili

$$V_1 = \frac{f v_0}{k^2} (2\lambda_1 + k\, e^{-\lambda_1 T_1}) \tag{69}$$

No taj volumen može se odrediti i neposredno iz (64a) kao

$$V_1 = f \frac{\varkappa v_0^2 - \frac{dv_1}{dt}}{k^2} = \frac{f \varkappa v_0^2}{k^2} + \frac{f v_0}{k} e^{-_1\lambda T_1}$$

odnosno

$$V_1 = \frac{f v_0}{k} \left(\frac{\varkappa v_0}{k} + e^{-\lambda_1 T_1} \right) \tag{70}$$

Izrazi (69) i (70) su identični.

Porast nivoa u vodnoj komori bit će

$$\Delta h = \frac{f}{F} \cdot \frac{v_0}{k} \left(\frac{\varkappa v_0}{k} + e^{-\lambda_1 T_1} \right) \tag{71}$$

Pokušat ćemo odrediti funkciju v_2 za drugu četvrtinu vala. Vrijeme ćemo odmjeravati od tačke P (sl. 2).

Početni uvjeti su

za $t = 0$ je 1) $v_2 = 0$ i 2) $\dot{v}_{2,0} = \dot{v}_p (T_1) = k v_0 e^{-\lambda_1 T_1}$

Poluval P-Q dijelimo na dvije četvrtine tako da granica između njih bude tačka, u kojoj je $\dot{v}_2 = 0$.

Ako uzmemo opet opći izraz

$$v_2 = e^{-\lambda_2 t} (D_1 \cos k_1 t + D_2 \sin k_2 t), \tag{72}$$

tada pomoću početnih uvjeta nalazimo da je

$$D_1 = 0 \text{ i } D_2 = \frac{\dot{v}_p}{k_2} \tag{73}$$

pa prema tome izrazi za v_2 bit će

$$v_2 = \frac{\dot{v}_p}{k_2} \cdot e^{-\lambda_2 t} \cdot \sin k_2 t \tag{74}$$

$$\text{i } \dot{v}_2 = \dot{v}_p\, e^{-\lambda_2 t} \left(\cos k_2 t - \frac{\lambda_2}{k_2} \sin k_2 t \right) \tag{75}$$

Na granici između druge i treće četvrtine je $\frac{dv}{dt}_{(t=T_2)} = 0$, a prema tome iz (75) dobivamo jednadžbe:

$$\cos k_2 T_2 - \frac{\lambda_2}{k_2} \sin k_2 T_2 = 0$$

$$\operatorname{tg} k_2 T_2 = \frac{k_2}{\lambda_2},\ \sin k_2 T_2 = \frac{k_a}{k},\ \cos k_2 T_2 = \frac{\lambda_2}{k} \tag{76}$$

Jednadžba (5) za drugu četvrtinu vala poprimit će oblik

$$\frac{dv}{dt} - \dot{v}_p (T_1) + \varkappa v^2 + k^2 \int_0^t v dt = 0 \tag{5}$$

a za $t = T_2$ ona će biti

$$- \dot{v}_p (T_1) + \varkappa \cdot \frac{\dot{v}_p^2}{k_2^2} \cdot e^{-2\lambda_2 T_2} \cdot \sin^2 k_2 T_2 +$$

$$+ \frac{k_2}{k_2} \dot{v}_p \int_0^{T_2} e^{-\lambda_2 t} \sin k_2 t\, dt = 0$$

Uzimajući u obzir da je

$$- \dot{v}_p (T_1) = - k v_0 e^{-\lambda_1 T_1}$$

$$\text{i } \int_0^{T_2} e^{-\lambda_2 t} \sin k_2 t\, dt = \frac{k_2}{k^2} - \frac{2\lambda_2 k_2}{k^3} e^{-\lambda_2 T_2}$$

jednadžba (5) daje:

$$k v_0 e^{-\lambda_1 T_1} + \varkappa \left(\frac{k}{k_2} v_0 e^{-\lambda_1 T_1} \cdot e^{-\lambda_2 T_2} \sin k_2 T_2 \right) +$$

$$+ k^2 \frac{k}{k_2} v_0 e^{-\lambda_1 T_1} \int_0^{T_2} e^{-\lambda_2 t} \sin k_2 t\, dt = 0 \tag{77}$$

Poslije potrebnih operacija ta se jednadžba dobije u obliku

$$\frac{\varkappa \dot{v}_p}{k} e^{-\lambda_2 T_2} - 2\lambda_2 = 0$$

odnosno

$$\varkappa v_0 e^{-\lambda_1 T_1} \cdot e^{-\lambda_2 T_2} - 2\lambda_2 = 0 \tag{78}$$

Nezgodna strana dobijene transcendentne jednadžbe je u tome, što ona sadrži dvije nepoznanice: λ_2 i T_2. Teorijski promatrano možemo jednadžbi

(78) dodati jednu od jednadžbi (76) i relaciju, koja izlazi iz svojstva prigušenih oscilacija

$$\lambda_2 = \sqrt{k^2 - k_2^2} \quad \text{ili} \quad k_2 = \sqrt{k^2 - \lambda_2^2} \qquad (79)$$

i na taj način dobije se sistem od tri jednadžbe sa tri nepoznanice.

Rješenje takvog sistema zahtjeva vrlo mnogo rada, pa zbog toga mora se zadovoljiti približnim rješenjem i približnom vrijednošću za koeficijent λ_2.

Iz (78) vidimo da će λ_2 biti znatno manje od λ_1, jer (78) možemo prikazati u ovom obliku:

$$\lambda_2 = \lambda_1 \, e^{-\lambda_1 T_1} \cdot e^{-\lambda_2 T_2} \qquad (80)$$

Iz (76) vidimo da kod $\lambda_2 \ll k \cos k_2 T_2 \rightarrow 0$ i $\sin k_2 T_2 \rightarrow 1$, a prema tome će

$$k_2 T_2 \rightarrow \frac{\pi}{2}$$

U takvom slučaju uzimajući

$$k_2 T_2 \doteq \frac{\pi}{2}$$

dobije se

$$T_2 \doteq \frac{\pi}{2\,k_2} \doteq \frac{\pi}{2\,k}$$

i

$$\lambda_2 \doteq \lambda_1 e^{-\lambda_1 T_1} \cdot e^{-\lambda_2 \frac{\pi}{2k}}$$

te nema potrebe za rješavanjem sistema transcedentnih jednadžbi. Vrijednost λ_2 iz (81) može se odrediti tačnije odnosno korigirati pomoću (79) i (76).

Dopustivost navedene aproksimacije opravdava okolnost da u neprigušenom poluvalu P-Q (sl. 4) vrijednost $\frac{dv}{dt} = 0$ odgovara tačno sredini poluvala i u tom slučaju bilo bi tačno $k_2 T_2 = \frac{\pi}{2}$ dok u prigušenom poluvalu vrijednost derivacije $\frac{dv}{dt} = 0$ bit će u svakom slučaju vrlo blizu sredini u nekoj tački S (sl. 4).

Nakon određivanja λ_2 može se k_2 odrediti pomoću (79), a zatim T_2 po jednoj od formula (76). Prilikom određivanja T_2 vidjet će se da li je potrebno povećavati tačnost λ_2, a prema tome i tačnost k_2 i T_2.

Iza toga se može odrediti volumen vode, koja će u trajanju druge četvrtine vala isteći iz vodne komore, što se može učiniti na dva načina. Prvi način bio bi neposredno određivanje:

$$V_2 = f \int_0^{T_2} v_2 \, dt = f \, \frac{\dot{v}_p}{k_2} \int_0^{T_2} e^{-\lambda_2 t} \sin k_2 t \, dt$$

Nakon provedbe potrebnih operacija dobija se

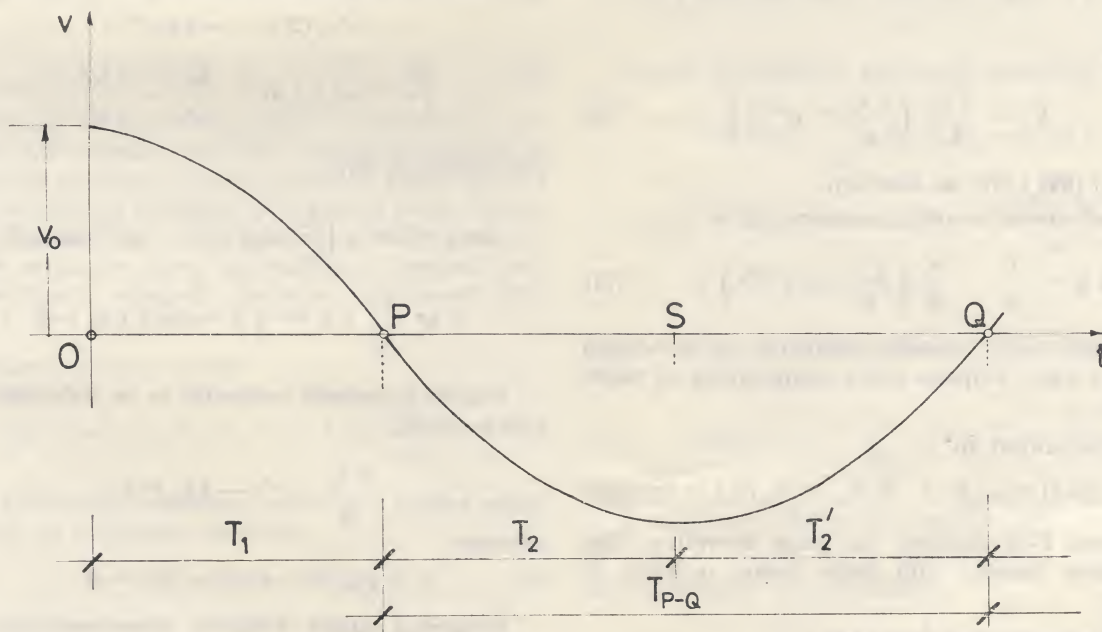
$$V_2 = \frac{f \, \dot{v}_p}{k^2} \left(1 - \frac{2\,\lambda_2}{k} \, e^{-\lambda_2 T_2} \right) \qquad (82)$$

Drugi način određivanja volumena V_2 bio bi put posrednog određivanja iz (5):

$$V_2 = \frac{\dot{v}_p (T'_1) - \varkappa \, v_2^2 (T_2)}{k^2}$$

Nakon potrebnih uvrštenja dobije se (82).

Proračun treće četvrtine vala, u kojem voda ističe iz vodne komore, treba provoditi po odgovarajući mformulama iz proračuna prve četvrtine.



Sl. 4

Početni uvjeti su:

$$\text{za } t=0 \text{ je } 1)\ v_2' = v_{2,0}' = v_{2,0}(T_2) = = v_0 e^{-\lambda_1 T_1} \cdot e^{-\lambda_2 T_2} = = \frac{\dot{v}_p}{k} e^{-\lambda_2 T_2}$$

$$2)\ \frac{dv_2'}{dt} = 0 \quad (83)$$

Koeficijent prigušenja je

$$\lambda_2' = \frac{\varkappa v_0}{2} e^{-\lambda_1 T_1} \cdot e^{-\lambda_2 T_2} = \lambda_1 e^{-\lambda_1 T_1} \cdot e^{-\lambda_2 T_2} = \lambda_2 \quad (84)$$

što znači da će koeficijent prigušenja u trećoj četvrtini ostati isti kao u drugoj četvrtini vala.

Kružna frekvencija je

$$k_2' = k_2 \quad (85)$$

Po analogiji sa (60a) treba uzeti

$$v_2' = v_{2,0}\, e^{-\lambda_2 t} \left(\cos k_2' t + \frac{\lambda_2}{k_2'} \sin k_2' t\right)$$

$$\dot{v}_2' = -\frac{k_2}{k_2'} v_{2,0}' e^{-\lambda_2 t} \sin k_2' t \quad (86)$$

Analogno sa (66) dobije se

$$\operatorname{ctg} k_2' T_2' = -\frac{\lambda_2}{k_2'}, \quad \sin k_2' T_2' = \frac{k_2'}{k}$$

$$\cos k_2' T_2' = -\frac{\lambda_2}{k} \quad (87)$$

Po analogiji sa (69) ili (70) treba uzeti volumen vode, koja ističe u trećoj četvrtini

$$V_2' = \frac{f\, v_{2,0}'}{k} \left(\frac{\varkappa v_{2,0}'}{k} + e^{-\lambda_2 T_2'}\right) \quad (88)$$

Dakle volumen vode, koja ističe u toku poluvala P-Q bit će

$$V_{P-Q} = V_2 + V_2'$$

$$V_{P-Q} = \frac{f v_0}{k} e^{-\lambda_1 T_1} \left(1 - \frac{2\lambda_2}{k} e^{-\lambda_2 T_2}\right) + + \frac{f\, v_{2,0}'}{k} \left(\frac{\varkappa v_{2,0}'}{k}\right) + e^{-\lambda_2 T_2'} \quad (89)$$

što poslije uređenja daje

$$V_{P-Q} = \frac{f v_0}{k} e^{-\lambda_1 T_1} (1 + e^{-\lambda_2 T_2} \cdot e^{-\lambda_2 T_2'}) = = \frac{f \dot{v}_p}{k^2} (1 + e^{-\lambda_2 T_{Q-P}})$$

$$\Delta s = \frac{V_{P-Q}}{F} = \frac{f}{F} \frac{v_p}{k^2} (1 + {}^{-\lambda_2 T_{P-Q}}) \quad (90)$$

Treba imati na umu da je

$$\lambda_2 = \lambda_2' \quad \text{ali} \quad T_2 \neq T_2' \quad (\text{sl. } 4)$$

iako veće razlike između T_2 i T_2' neće biti.

Volumen vode V_{P-Q}, koja ističe za vrijeme poluvala P-Q može se odrediti i tako da se izraz za v_2 iz (74) proširi na čitav poluval P-Q, jer iz (84) dobije se da prigušenje na čitavom poluvalu ostaje isto ($\lambda_2 = \lambda_2'$). No u tom slučaju bit će

$$k_2 T_{P-Q} = \pi \quad \text{i} \quad T_{P-Q} = \frac{\pi}{k_2} \text{ a } V_{P-Q} \quad (91)$$

a V_{P-Q} će se odrediti kao

$$V_{P-Q} = \frac{f \dot{v}_p}{k_2} \int_0^{T_{P-Q}} e^{-\lambda_2 t} \sin k_2 t\, dt$$

$$V_{P-Q} = \frac{f \dot{v}_p}{k^2} \left(1 + e^{-\lambda_2 \frac{\pi}{k_2}}\right) \quad (92)$$

Razlika između najvišeg i najnižeg nivoa u vodnoj komori bit će

$$\Delta s = \frac{f \cdot \dot{v}_p}{F \cdot k^2} \left(1 + e^{-\lambda_2 \frac{\pi}{k_2}}\right) \quad (93)$$

Formule (90) i (93) u biti su identične. Razlika između njih se očituje samo u postupku određivanja poluperioda.

Sve što je rečeno o poluvalu P-Q važi za svaki daljnji poluval.

Za četvrtu četvrtinu treba uzeti početne uvjete

$$\text{za } t = 0 \text{ je } 1)\ v_3 = 0 \quad \text{i} \quad 2)\ v_{3,0} = \dot{v}_Q$$

pri čemu je

$$\dot{v}_Q = \dot{v}_2 (T_{P-Q}) = k\, v_0\, e^{-\lambda_1 T_1} \cdot e^{-\lambda_2 T_{P-Q}} \quad (a)$$

Izraz za v_3 (t) treba uzeti u obliku

$$v_3 = \frac{\dot{v}_Q}{k_3} e^{-\lambda_3 t} \sin k_3 t \quad (74')$$

$$v_3 = v_Q\ e^{-\lambda_3 t} \left(\cos k_3 t - \frac{\lambda_3}{k_3} \sin k_3 t\right) \quad (75')$$

odakle slijedi:

$$\operatorname{tg} k_3 T_3 = \frac{k_3}{\lambda_3}, \quad \sin k_3 T_3 = \frac{k_3}{k}, \quad \cos k_3 T_3 = \frac{\lambda_3}{k} \quad (76')$$

Razlika između druge i četvrte četvrtine sastoji se samo u indeksu (4 i 2), a osim toga $\dot{v}_Q$ dolazi umjesto $\dot{v}_p$ pa zbog toga dobije se ova relavija za određivanje λ_3:

$$\frac{\varkappa \dot{v}_Q}{k} e^{-\lambda_3 T_3} - 2\lambda_3 = 0, \quad (77')$$

$$\varkappa v_0\, e^{-\lambda_1 T_1} \cdot e^{-\lambda_2 T_{P-Q}} \cdot e^{-\lambda_3 T_3} - 2\lambda_3 = 0 \quad (78')$$

To je općenita struktura zakona za određivanje koeficijenta prigušenja.

Analogno (92) i (93) možemo napisati izraze za volumen

$$V_{Q-R} = \frac{f\,\dot{v}_Q}{k^2}\left(1 + e^{-\lambda_3 \frac{\pi}{k_3}}\right) \qquad (92')$$

i

$$\Delta h = \frac{f\,\dot{v}_Q}{F\,k^2}\left(1 + e^{-\lambda_3 \frac{\pi}{k_3}}\right) \qquad (93')$$

Tu treba naglasiti da T_3 u (78') još nije određeno

približna vrijednost je $T_3 \doteq \frac{2\,k}{\pi}$

Imajući analitičke izraze za brzine u četvrtinama ili poluvalovima nije teško prijeći na analitičke izraze za kote vodnog lica y (t) u vodnoj komori pomoću relacije (2).

Tako se za prvu četvrtinu vala dobije

$$y(t) = h_0 - \frac{f\,v_0}{F\,k^2}\,e^{-\lambda_1 t}\left[2\,\lambda_1\,(1 - \cos k_1 t) + \frac{k_1^2 - \lambda_1^2}{k_1}\sin k_1 t\right] \cdot \qquad (94)$$

Tu treba imati u vidu da ova formula važi za $0 \leq t \leq T_1$, a T_1 se određuje iz (66).

Jednadžbu za visinu vode u vodnoj komori y (t) u toku poluvala P—Q možemo dobiti ili pomoću v_2 iz (74) i v_3 iz (86) ili samo pomoću v_2 iz (74) rasprostirajući izraz za v_2 na čitav poluval, jer numerički primjeri pokazuju da se rezultati po jednom i drugom načinu vrlo malo razlikuju, a formula, koja se izvodi samo pomoću v_2 iz (74), je mnogo jednostavnija:

$$y = h_0 - \Delta h + \frac{v_0\,e^{-\lambda_1 T_1}}{k_2\,k} \cdot [k_2 - e^{-\lambda_2 t}(\lambda_2 \sin k_2 t + k_2 \cos k_2 t)] \qquad (95)$$

U formuli (94) vrijeme se odmjerava od nule do T_1 a u formuli (95) isto od nule (tačka P na sl. 2) do T_2.

Razumije se da se izraz za brzinu u prvoj četvrtini vala (60a) može proširiti na čitavu pojavu oscilacija vodne mase i tako izvesti opći izraz za visinu vodnog lica y (t) za sva značenja argumenta t, ali takav izraz davao bi pogrešnu sliku pojave, jer bi u tom slučaju najjače prigušenje iz prve četvrtine vala važilo za čitavu pojavu. Osim toga svi poluvalovi imali bi iste poluperiode, ali u stvarnosti prigušenje je u svakom trenutku drugačije, a određujući njegove srednje vrijednosti dobivamo ih ipak različite za različite četvrtine odnosno poluvalove, a s time dakle i različite periode za različite četvrtine odnosno poluvalove, čim se rješenje više približuje stvarnoj pojavi.

Primjer

Sistem dovodni tunel—vodna komora ima ove karakteristike:

$L = 2000$ m $\quad f = 19{,}62\ m^2 \quad F = 380\ m^2 \quad v = 3{,}67$ m/sek $\quad \varkappa = 0{,}00135\ \frac{1}{m} \quad k = 0{,}01591\ {}^1/_{sek}$.

$k^2 = 0{,}000253\ {}^1/_{sek^2} \quad h_0 = 3{,}70$ m $\quad \varkappa\,v_0 = 0{,}00495\ {}^1/_{sek}$

Po formuli (38):

$$\omega_1 = -0{,}00248 + \sqrt{0{,}000253 + 0{,}000006} = 0{,}01361\ {}^1/_{sek}$$

$$T_1 = \frac{\pi}{2\,\omega_1} = 115{,}7 \text{ sek.}$$

Po formuli (41) razlika između najvišeg i pogonskog nivoa:

$$\Delta h = \frac{19{,}62}{380} \cdot \frac{3{,}67}{0{,}01361} = 13{,}90 \text{ m.}$$

Po formuli (44):

$$\dot{v}_P = (13{,}90 - 3{,}70)\,\frac{9{,}81}{2000} = 0{,}05003 \text{ m/sek}^2.$$

Po formuli (46):

$$\omega_2 = 0{,}01591\sqrt{1 + \frac{0{,}00135 \cdot 0{,}05003}{0{,}000253}} = 0{,}01790 \text{ 1/sek.}$$

Razlika između najvišeg i najnižeg nivoa po formuli (49):

$$\Delta s = 2\,\frac{19{,}62 \cdot 0{,}05003}{380 \cdot 0{,}01790^2} = 16{,}12 \text{ m}$$

$$\omega_3 = k\sqrt{1 + \frac{\varkappa\,\dot{v}_Q}{k^2}}$$

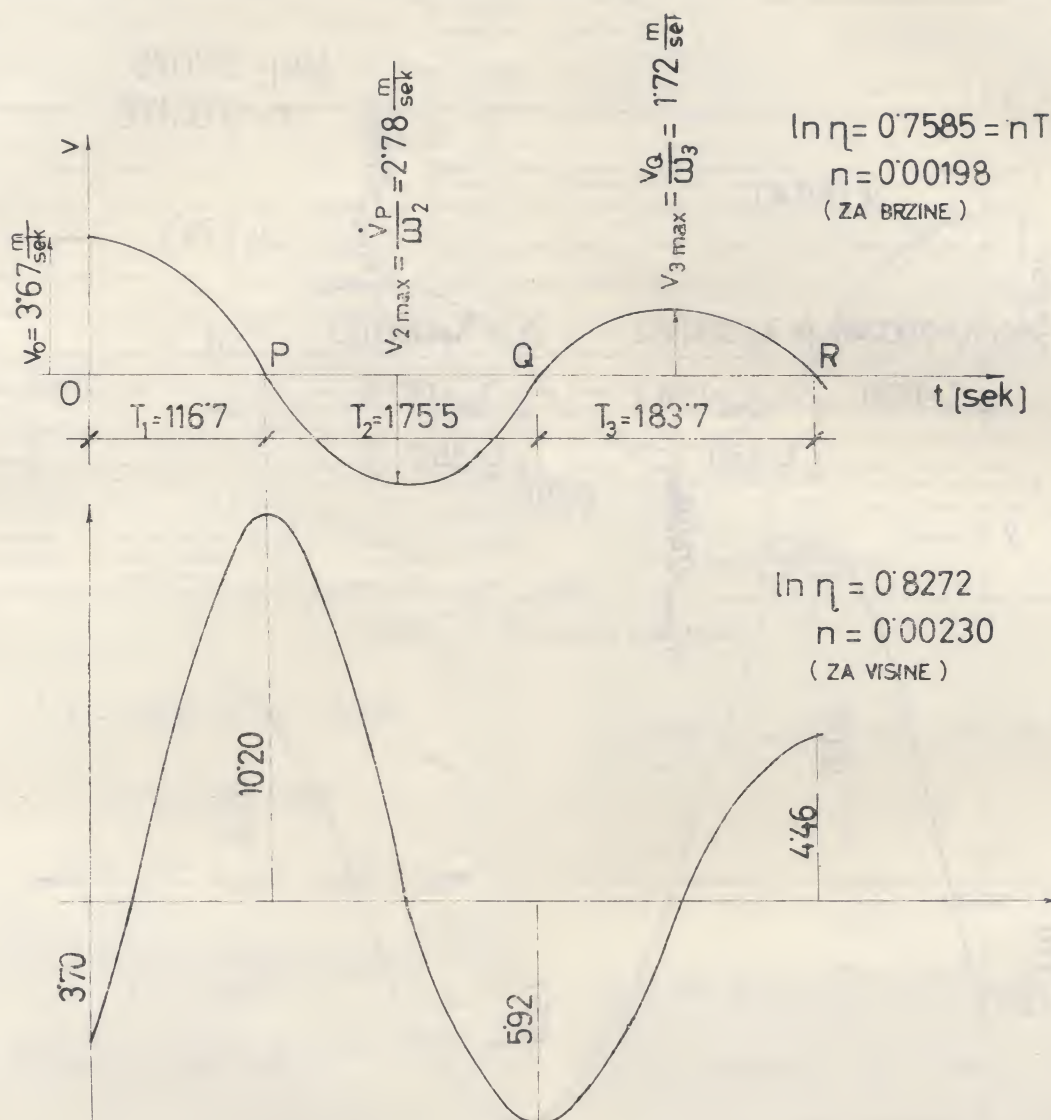
$$\dot{v}_Q = (16{,}12 - 10{,}20)\,\frac{g}{2000} = 0{,}294 \text{ m/sek}^2$$

$$\frac{\varkappa\,\dot{v}_Q}{k^2} = \frac{0{,}00135}{0{,}000253}\,0{,}0294 = 0{,}157$$

$$\omega_3 = 0{,}1591 \cdot 1{,}157 = 0{,}0171$$

$$T_3 = \frac{\pi}{\omega_3} = 183{,}7 \text{ sek}$$

$$\Delta h_3 = \frac{2\,f}{F} \cdot \frac{\dot{v}_Q}{\omega_3^2} = \frac{2 \cdot 19{,}62 \cdot 0{,}0294}{380 \cdot 0{,}0171} = 10{,}38 \text{ m}$$



Sl. 5

P o r a s t n i v o a u v o d n o j k o m o r i p o f o r m u l i (71) (R a z l i k a i z m e đ u r a d n o g n i v o a n a k o n p r v e č e t v r t i n e v a l a)

Koeficijent prigušenja po formuli (67):

$$\lambda_1 = 0{,}00248$$

Frekvencija k_1 po formuli (61):

$$k_1 = \sqrt{0{,}000253 - 0{,}000006} = 0{,}01570$$

Po formuli (63):

$$\operatorname{tg} k_1 T_1 = -\frac{k_1}{\lambda_1} = -\frac{0{,}01570}{0{,}00248} = -6{,}33056$$

$$k_1 T_1 = 1{,}72747 \quad T_1 = \frac{1{,}72747}{0{,}01570} = 110{,}0 \text{ sek}$$

$$\lambda_1 T_1 = 0{,}00248 \cdot 110 = 0{,}2728$$

$$e^{-\lambda_1 T_1} = 0{,}7612$$

$$\frac{\varkappa v_0}{k} = \frac{0{,}00495}{0{,}01591} = 0{,}3105$$

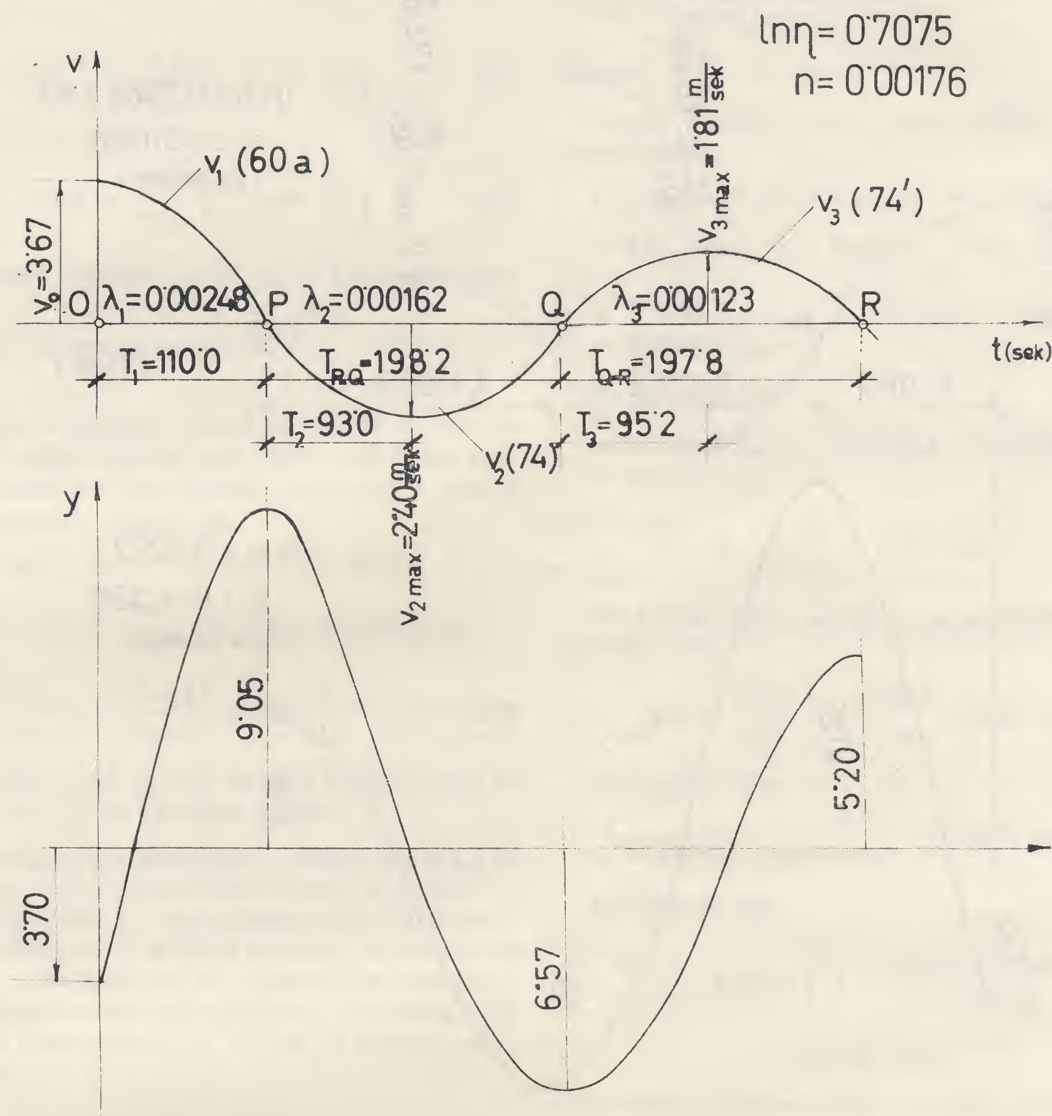
$$\frac{\varkappa v_0}{k} + e^{-\lambda_1 T_1} = 1{,}0717$$

$$\Delta h = \frac{19{,}62}{380} \cdot \frac{3{,}67}{0{,}01591} \cdot 1{,}0717 = 12{,}75 \text{ m}$$

R a z l i k a i z m e đ u n a j v i š e g i n a j n i ž e g n i v o a u v o d n o j k o m o r i

Po formuli (81) određuje se λ_2.

$$T_2 \doteq \frac{\pi}{2k} = 98{,}71$$



Sl. 6

$$\lambda_2 = 0{,}00248 \cdot 0{,}7612\, e^{-\lambda_2 \frac{\pi}{k}} = 0{,}001888\, e^{-\lambda_2 \cdot 98{,}71}$$

Približno rješenje daje $\lambda_2 = 0{,}00161$

$$k_2 = \sqrt{k^2 - \lambda_2^2} = 0{,}01583$$

$$\cos k_2\, T_2 = \frac{0{,}00161}{0{,}01591} = 0{,}0981 \qquad k_2\, T_2 = 1{,}4725$$

$$T_2 = \frac{1{,}4725}{0{,}01583} = 93{,}0 \text{ (uzeto 98,71)}$$

Ponavlja se proračun

$\lambda_2 = 0{,}001888\, e^{-\lambda_2 \cdot 93{,}0}$ $\qquad \lambda_2 = 0{,}001624$

$$k_2 = 0{,}01583$$

$$T_2 = 93{,}0 \text{ sek}$$

$$\lambda_2\, T_2 = 0{,}1512$$

$$e^{-\lambda_2 T_2} = 0{,}86002$$

$$\lambda_2 = 0{,}8600 \cdot 0{,}001888 = 0{,}001624$$

$$k_2 = 0{,}01583$$

$$\cos k_2\, T_2 = \frac{0{,}001624}{0{,}01591} = 0{,}10203$$

$$k_2\, T_2 = 1{,}4686$$

$$T_2 = \frac{1{,}4686}{0{,}01583} = 92{,}8 \text{ sek}$$

Razlika nivoa po formuli (93)

$$\frac{\pi}{k_2} = \frac{3{,}14159}{0{,}01583} = 198{,}3 = T_{P-Q}$$

N	$\dot{v}_{i-1}$	$2\varkappa \dot{v}_{i-1}$	$k^2 + (3)$	$\omega_i = \sqrt{(4)}$	$\frac{\dot{v}_{i-1}}{\omega_i}$	$\frac{\dot{v}_{i-1}}{\omega_i}$	$\dot{v}_{i-1} \cos a$	v_{i-1}	$v_{i-1} \cos a$	$\omega_i v_{i-1}$	$\omega_i v_{i-1} \sin a$	$v_i = (7)+(10)$	$\dot{v}_i$ (8)−(12)	Δt	$\frac{v_{i-1}+v_i}{2}$	$\frac{v_{i-1}+v_i}{2}\Delta t$	$\sum (17)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
0	0							v_0 = 3,67									
1	0	0	0,000253	0,01591	0	0	0	3,67	3,6288	0,05840	0,00872	3,6288	-0,00872	9,42°	3,6494	34,38	34,38
2	-0,00872	-0,0000235	0,000229	0,01513	-0,5761	-0,0861	-0,00862	3,6288	3,5881	0,05487	0,00820	3,5020	-0,01683	9,92°	3,5654	35,38	69,76
3	-0,01683	-0,0000455	0,0002078	0,01440	-1,168	-0,1746	-0,01665	3,5020	3,4627	0,05055	0,00755	3,2884	-0,02419	10,40°	3,3958	35,34	105,10
4	-0,02419	-0,0000652	0,0001878	0,01378	-1,761	-0,2631	-0,02391	3,2885	3,250	0,04518	0,006745	2,9869	-0,03065	10,92°	3,1377	34,24	139,34
5	-0,03065	-0,0000827	0,0001703	0,01304	-2,350	-0,3512	-0,03030	2,9869	2,954	0,03860	0,005752	2,6018	-0,03605	11,50°	2,7998	32,17	171,51
6	-0,03605	-0,0000937	0,0001583	0,01261	-2,858	-0,4283	-0,03566	2,6028	2,572	0,03243	0,00485	2,1417	-0,04050	11,69°	2,3722	28,22	199,73
7	-0,04050	-0,0001094	0,0001436	0,01198	-3,360	-0,5050	-0,04007	2,1417	2,140	0,02566	0,003835	1,6350	-0,04351	12,52°	1,8883	23,75	223,30
8	-0,04391	-0,0001185	0,0001345	0,01159	-3,788	-0,5661	-0,04345	1,636	1,616	0,01896	0,002833	1,0491	-0,04728	12,92°	1,3420	17,33	240,63
9	-0,04728	-0,0001276	0,0001254	0,01120	-4,221	-0,6310	-0,04676	1,0491	1,037	0,01176	0,001766	0,406	-0,04851	13,40°	0,7275	9,74	250,47
10	-0,04851	-0,0001309	0,0001223	0,01106	-4,386	-0,4046		0,406	0,404	0,004491		0,0005		8,36	0,203	1,69	252,16
														$\sum$ = 110,85°		$\sum$ = 252,16	

$2\varkappa = 0{,}002698$; $k^2 = 0{,}000253$; $\sin a = 0{,}149438$; $\cos a = 0{,}988771$; $a = 0{,}150$; $\Delta t = \frac{a}{\omega_i}$

$a' = \Delta t_p \cdot \omega_i = 8{,}36 \cdot 0{,}01106$; $a' = 0{,}09241$; $\sin a' = 0{,}09223$, $\cos a' = 0{,}995818$

$\Delta t_p = \frac{v_{i-1}}{\dot{v}_{i-1}} = \frac{0{,}406}{0{,}4851} = 8{,}36'$

$\omega_i = \sqrt{k^2 + 2\varkappa \dot{v}_{i-1}}$ (18)

$v_i = v_{i-1} \cos a + \frac{\dot{v}_{i-1}}{\omega_i} \sin a$

$\dot{v}_i = -\omega_i v_{i-1} \sin a + \dot{v}_{i-1} \cos a$ (19)

VOLUMEN VODE, KOJA UTJEČE U VODNU KOMORU U TOKU PRVE ČETVRTINE JE

$V = 252{,}16\, f$

$V = 252{,}16 \cdot 19{,}62 = 4950\ m^3$

DIZANJE VODE U VODNOJ KOMORI

$\Delta h = \frac{V}{F} = \frac{4950}{380} = 13{,}03\ m$

Tabela za diferencni postupak

$$\frac{\pi}{k_2}\lambda_2 = 0{,}3220 \qquad e^{-\lambda_2 \frac{\pi}{k_2}} = 0{,}7247$$

$$1 + e^{-\lambda_2 \frac{\pi}{k_2}} = 1{,}7247$$

$$V_{P-Q} = \frac{19{,}62 \cdot 3{,}67}{0{,}01591} \cdot 0{,}7612 \cdot 1{,}7247 = 5925\ m^3$$

$$\Delta s = \frac{V_{P-Q}}{F} = \frac{5925}{380} = 15{,}62\ m$$

Ako produžimo proračun na poluval Q—R, tada ćemo λ_3 i k_3 dobiti iz (78') i (76').

$$\lambda_3 = \frac{\varkappa\, v_0}{2}\, e^{-\lambda_1 T_1} \cdot e^{-\lambda_2 T_{P-Q}} \cdot e^{-\lambda_3 T_3}$$

$$\lambda_3 = 0{,}00248 \cdot 0{,}7612 \cdot 0{,}7322\, e^{-\lambda_3 T_3} = 0{,}001382\, e^{-\lambda_3 T_3}$$

$$\lambda_3 = 0{,}00123 \qquad k_3 = 0{,}01588 \qquad T_{P-Q} = \frac{\pi}{k_3} =$$

$$= 197{,}8 \text{ sek}$$

$$\lambda_3 \frac{\pi}{k_3} = 0{,}2432 \qquad e^{-\lambda_3 \frac{\pi}{k_3}} = 0{,}78412$$

$$1 + e^{-\lambda_3 \frac{k_3}{\pi}} = 1{,}78412$$

$$\dot{v}_Q = k \cdot v_0 \cdot e^{-\lambda_1 T_1} \cdot e^{-\lambda_2 T_{P-Q}} =$$

$$= 0{,}01591 \cdot 3{,}67 \cdot 0{,}7612 \cdot 0{,}7247 = 0{,}0324$$

$$\Delta h = \frac{19{,}62}{380} \cdot \frac{0{,}0324}{0{,}000253} \cdot 1{,}78412 = 11{,}77\ m$$

Maksimalne brzine u poluvalovima:

1\. O—P $v_{1max} = v_0 = 3{,}67$ m/sek

2\. P—Q $v_{2max} = \frac{\dot{v}_q}{k}\, e^{-\lambda_2 T_2} \cdot \sin k_2 T_2 =$

$$= \frac{\dot{v}_p}{k} \cdot e^{-\lambda_2 T_2}$$

$$v_{2max} = \frac{0{,}0444}{0{,}01591} \cdot 0{,}8600 = 2{,}40 \text{ m/sek}$$

3\. Q—R $v_{3max} = \frac{v_Q}{k_3} \cdot e^{-\lambda_3 T_3} \cdot \sin k_3 T_3$

$$\sin k_3 T_3 = \frac{k_3}{k} = 0{,}9982; \quad k_3 T_3 = 1{,}511$$

$$T_3 = 95{,}2 \text{ sek}$$

$$v_{3max} = \frac{0{,}0324}{0{,}01591} \cdot 0{,}8900 = 1{,}81 \text{ m/sek.}$$

Zaključak

U izloženoj raspravi pokazano je, da se praktično nerješiva diferencijalna jednadžba oscilacija vodene mase u sistemu dovodni tunel—vodna komora, koje nastaju poslije naglog zatvaranja odvoda na agregat, može vrlo dobro riješiti približnim analitičkim postupcima.

Prvi postupak je toliko jednostavan, da se on može obaviti za kojih 20—30 minuta i pomoću njega dobiti opću sliku pojave. Razumije se, da se od takvog postupka ne može očekivati osobita tačnost, ali ipak rezultati mogu poslužiti za orijentaciju. No prvi postupak primijenjen u obliku rekurentnih diferencnih jednadžbi, kako primjer pokazuje, daje vrlo tačne rezultate, što je i trebalo očekivati, jer u njemu približna veličina dolazi pod korijen.

Drugi postupak zahtijeva veći utrošak vremena, ali daje analitički izraz za čitavu pojavu i dobre rezultate.

I prvi i drugi postupak se može mehanizirati, jer imaju algoritamski karakter.

Dizanje vode u vodnoj komori u toku prve četvrtine vala (punjenje komore) po drugom postupku (analitički) iznosi $\Delta h = 12{,}75$ m, a po prvom (u diferencnom obliku) iznosi $\Delta h = 13{,}03$ m.

Periodi prve četvrtine vala slažu se još bolje, jer po prvom postupku period iznosi 110,85 sek, a po drugom 110,0 sek.

Za približne postupke to je vrlo dobro slaganje. Pri tome treba imati u vidu, da su postupci vrlo jednostavni po svojoj provedbi.

S naših i inostranih gradilišta

HORIZONTALNI BUŠENI DRENOVI — PRVI PUT U NAŠOJ ZEMLJI

Nizvodna kosina doline Rječine nizvodno od nove brane Valići za HE Rječina, zahvaćena je prostranim relativno plitkim klizanjem koje se mora stabilizirati jer tim područjem prolazi pristupna cesta do brane, a klizanje ugrožava i sigurnost odvodnog kanala ispod brane.

Klizanje se je pojavilo odmah nakon izgradnje pristupne ceste, pa je tada izveden opsežni sistem iskopanih drenažnih jaraka, koji je pojavu stabilizirao dok nisu započeti iskopi za temelje brane i za zidove odvodnog kanala u koritu Rječine. Tada se je ponovno aktiviralo klizanje velikog kompleksa koje s različitim intenzitetom traje već više godina.

Nakon opsežnih geoloških i geomehaničkih istraživanja predloženo je da se drenažni sistem progusti radi boljeg obuhvaćanja podzemne vode za vrijeme kišne sezone. Budući da je izrada drenažnih jaraka skupa i dugotrajna i izaziva velike štete obrađenom zemljištu predložio je konzulent projektanta asanacionih radova za geomehaniku, da se umjesto njih izvedu drenovi u obliku horizontalnih bušotina osiguranih posebnim propusnim filterima i perforiranim cijevima.

Takav se sistem dreniranja tla za stabilizaciju klizanja vrlo mnogo primijenjuje, napose u Kanadi. U našoj zemlji ovo je prva primjena sličnog sistema. Bušotine se izvode običnim rotacionim bušilicama, izbušena se rupa oblaže normalnom obložnom kolonom, koja se izvlači nakon što se u nju uvuče filterska cijev. Filterska cijev na izlazu iz terena završava betonskom glavom kroz koju se ispušta drenirana voda. Na kraju perforirane cijevi je čep i navoj preko kojeg se može priključiti



Sl. 1: Bušenje horizontalnog drena rotacionom bušilicom



Sl. 2: Izlaz horizontalnog drena duljine 20 m. Dren je opremljen tako da se u slučaju potrebe može isprati vodom pod tlakom

pumpa za ispiranje drena, ako se za to pokaže potreba.

Projektom se predviđa izvedba drenova ukupne duljine od 210 m, dubine svaki do 20 m. Radovi su u toku. Veći broj izvedenih drenova odvodi vodu i u toku suhe ljetne sezone.

Ovaj način dreniranja efikasan je kao i drenažni jarkovi, ali je znatno jeftiniji.

Projektant asanacije je Elektroprojekt, Zagreb, konzulent za geomehaniku: Geoexpert — Zagreb, drenove izvodi Geotehnika — Zagreb.

E. N.

Kratke vijesti

NOVI BEOGRAD — NAJVEĆE STAMBENO GRADILIŠTE U ZEMLJI

Izvanredne šanse za potvrdu modernog urbanizma. — Građevinska operativa udruženim snagama kreće u nove poduhvate

Dok se uveliko priprema svečana proslava dvadesetogodišnjice izgradnje Novog Beograda, ovaj moderan grad u našem glavnom velegradu upravo treba da registruje svog stohiljaditog stanovnika. Kako se očekuje, već krajem 1970. godine na prostoru između utoka Save u Dunav i Bežanijske kose živeće blizu 130 hiljada stanovnika. Stručnjaci, oslanjajući se na rezultate proučavanja, prognoziraju da će Novi Beograd 1980. godine imati 250.000 stanovnika. Tada će se Novi Beograd prostirati na površini od 4.160 hektara, od čega će 1.033 hektara služiti za stambene zone. U delu grada s leve strane Save prosečna gustina naseljenosti dostići će 468 stanovnika na jednom hektaru, što uslovljava izgradnju stambenih zgrada čija prosečna visina treba da bude osam spratova, a oprema stanova u skladu s odredbama prve i druge kategorije.

Ove godine u Novom Beogradu podići će se preko 3.000, a započeti oko 2.000 stanova. Ovaj podatak sam za sebe govori o tome da je ovo područje, zaista, džinovsko stambeno gradilište. Ali, stručnjaci veruju da bi se u Novom Beogradu moglo godišnje da podiže čak i 10.000 stanova ako bi se u znatno većoj meri nego sada na tu zonu usredsredila sredstva namenjena za izgradnju stanova u društvenoj svojini, zatim snažni kapaciteti građevinske operative, kojoj se tu pruža mogućnost da primeni industrijsku izgradnju ogromnih razmera, koristeći najsuvremenije mašine i najsavršeniju tehnologiju. Na taj način Novi Beograd bi, uistinu, pružio izvanredne šanse ne samo za potvrdu modernih graditeljskih koncepcija, nego bi se fabrike stanova pokazale veoma rentabilnima, građevinari bi na duže vreme mogli da računaju da na tom terenu imaju obezbeđen »angažman«, cene stanova bi se stabilizovale, Toplana, koja koristi samo trećinu kapaciteta, brže bi se »uposlila«, a umesto podizanja bezbroj privremenih objekata za stanovanje radnika na gradilištima mogle bi da se izgrade školske zgrade, restorani, trgovinski centri i obdaništa, u kojima bi stanovali radnici dok se soliteri izgrađuju, a zatim ih osposobili za osnovnu namenu, tako da bi se konačno postiglo da se prateći objekti dobiju na vreme.

Uz to, glavni grad bi se naglo širio na levoj obali Save i desnoj obali Dunava u pravcu Bežanijske kose na građevinskom zemljištu koje je prethodno potpuno uređeno, uključujući izgradnju saobraćajnica, vodovoda, kanalizacije i drugih komunalija, koje je relativno jeftinije nego na drugim područjima grada. Direkcija za izgradnju Novog Beograda do kraja ove godine treba da obavi radove čija će vrednost dostići 106,2 miliona novih dinara. Samo vrednost nasipanja terena iznosiće preko 29 miliona novih dinara. Bagere će se maksimalno koristiti, tako da će se nasuti močvare radi uređenja terena koji su već ustupljeni za izgradnju i njihovo uređivanje za potrebe stambenih kompleksa. Takođe, nastaviće se nasipanje trupa buduće železničke pruge i autoputa i uređenje obala. Za izgradnju saobraćajnica, prilaza, trotoara i parkinga utrošiće se preko 11 miliona novih dinara, za mreže vodovoda i kanalizacije 1,780.000, toplovoda preko 12.600.000, električne mreže i trafostanica više od 1,600.000, a za ozelenjavanje preko 1,180.000 novih dinara. Korisnici zemljišta — građevinska preduzeća i drugi za uređenje slobodnih površina utrošiće oko trideset miliona novih dinara. Kako se očekuje, ukupna ulaganja u Novom Beogradu ove godine treba da iznose oko 579 miliona novih dinara.

Planom razvoja opštine Novi Beograd do 1970. godine predviđeno je da se za izgradnju 17.000 stanova uloži jedna milijarda i trista miliona novih dinara. Ubuduće biće naročita pažnja posvećena kompleksnoj izgradnji, tako da novi Beograd ne liči na »hotel« neviđene veličine bez dovoljno škola, prodavnica i drugih pratećih objekata. Skupština opštine, Direkcija za izgradnju Novog Beograda, Zajednica za finansiranje obrazovanja i Stambeno preduzeće našli su zajednički jezik, sporazumevši se da se struktura finansiranja podesi tako da učesnici u izgradnji na vreme obezbede dovoljna sredstva za potpuno kompleksnu izgradnju. Udruženje građevinskih preduzeća »Inpros«, Građevinski kombinat »Komgrap« i Gradsko stambeno preduzeće, prilikom izgradnje dva stambena bloka sa oko 10.000 stanova uporedo će podići i dva velika centra mesnih zajednica. Tržnica »Beograd«, u kooperaciji s preduzećem »Soko« iz Mostara, izgrađuje u Novom Beogradu dve samousluge. Direkcija za izgradnju Novog Beograda vidno doprinosi komercijalizaciji ove stambene zone, u kojoj dosad nije bilo dovoljno trgovina, uslužnih radnji i kulturnih poslovnica. Za izgradnju poslovnog prostora već su ustupljeni krupni tereni, na kojima će se podići tri centra mesnih zajednica, velika tržnica pod krovom, servisi »Folksvagena«, »Forda« i »Škode«, hotel i suprumarket sa velikom robnom kućom. Gradska tržna uprava priprema izgradnju velike tržnice pod krovom na oko 4.000 kvadratnih me-

tara. Graeđvinsko udruženje »Inpros« podići će dve džinovske kule u kojima će biti poslovne prostorije.

Postignuća vezana za Novi Beograd, zaista, impresioniraju, potvrđujući da se radi o najvećem jugoslavenskom stambenom gradilištu: od 1948 do 1966. godine u izgradnju ovog dela našeg glavnog grada uloženo je blizu 70 milijardi starih dinara. Na 618 hektara nasuto je 17,600.000 kubnih metara peska. Izgrađeno je 18 kilometara, odnosno 200.000 kvadratnih metara kolovoza i 62.000 kvadratnih metara trotoara. Preko 420 hektara peščane površine presvučeno je zemljom i zasađeno zelenilom.

Između saobraćajnica, u senci solitera, prostire se zelena presvlaka peščanog prostranstva. Dvadeset i dva kvadratna metra zelenila po stanovniku u stambenim zonama u mnogome će doprineti da gustina naseljenosti ne bude preterana. Od ukupne površine naselja preko 1.000 hektara izdvojeno je za rekreacione komplekse sa sportskim centrima van stambenih zona. U takvom — za jugoslavenske prilike — izobilju raslinja, čije bujanje tek predstoji, što impresionira sve pridošlice, prisustvo skulptura neophodno je da bi se taj novi »ljudski prostor« upotpunio i oplemenio. Otuda se, pored postojeće Moderne galerije, predviđa izgradnja još jedne izložbene zgrade, u čijoj bi se okolini nalazile skulpture. Već je izgrađena jedna fontana, a kod škole »Lenjin« i ispred Tržnog centra postavljene su grupe skulptura.

Područje na kome se izgrađuje Novi Beograd, nekada močvara, zatim nasuto peskom, zahvaljujući zauzimanju istaknutih stručnjaka za hortikulturu i zamašnim investicijiama, pretvara se u neobično lep vrt. Parkovi i kejovi duž rečnih tokova već pokazuju obrise priobalne hortikulture. Gradski park, kod palate Saveznog izvršnog veća, proteže se na oko 40 hektara. Park prijateljstva i Park umetnosti veoma su privlačni i zbog toga što su drveće zasadili najistaknutiji državnici i što se u njima nalaze reprezentativne palate. Postepeno se naziru i konture velikog Savskog parka, dok će pažnju mnogih pridobiti zabavni park, kod buduće železničke stanice. Ivicom parkova, pokraj obale, uređuje se šetališni pojas dugačak deset kilometara. On će obuhvatiti i obale modernog rekreacionog kompleksa, u čijem će se središtu nalaziti veštačko jezero. Privođenjem hortikulturi prostora od 116 hektara stvoriće se »zelena pluća« za deo budućeg novobeogradskog naselja naspram Ade ciganlije.

Živomir Simović

ZAGREB. Pogon PIK »Sljeme« u Sesvetama pretvoren je djelomično u veliko gradilište. Radnici »Industrogradnje« grade u sklopu pogona novu hladnjaču i tvornicu jestive masti. Hladnjača zauzima tlocrtnu površinu od 1.880 m² a izgradnja će koštati 2,5 miliona n .d. Tvornica masti zauzima površinu od 600 m², a koštat će 660.000 n. d.

ZAGREB. Objavljena je licitacija za građevinske parcele kazete Utrina kraj Zapruđa (u južnom dijelu Zagreba), a uskoro će se licitirati i kazeta Sopot. Na taj se način otvaraju dva nova velika gradilišta za kolektivnu stambenu izgradnju na čijem se je projektima radilo duže vrijeme. Na svakoj od te dvije kazete predviđena je izgradnja oko 10.000 stanova sa svim pratećim objektima. Urbanistička rješenja obiluju i brojnim novostima. U prvom redu projekti su rađeni u uskoj suradnji s građevinskom operativom i prihvaćeni su mnogi prijedlozi građevinara. Gustoća objekata, razmaci i odnosi visina podešeni su tehnologiji gradnje, ali i raspoloživoj mehanizaciji i radijusu kretanja džinovskih kranova koji poslužuju graditelje. Iako je taj tip urbanističkog projektiranja nazvan »kranski urbanizam«, on ipak donosi znatne prednosti, jer se radovi ubrzavaju, stanovi se zaista proizvode industrijski, a to im snižava cijenu. Na Utrini, prema programu prve etape, gradilo bi se 5 objekata sa 8 katova i tri solitera sa 16 katova, a u daljim etapama nastavlja se izgradnja i ostalih objekata koji čine cjelovito nselje.

ZAGREB. S lijeve strane autoputa, u pravcu Beograda, odmah poslije Savske ceste, otvoreno je veliko gradilište, koje će uskoro znatno izmijeniti izgled tog dijela Cvjetnog naselja. Riječ je o kompletnom urbanističkom rješenju tog dijela grada. Za početak radnici »Industrogradnje« otpočeli su izgradnju dva 16--katna solitera, dok će gradnja trećeg početi nešto kasnije. U planu je zatim dalnja izgradnja 8-katnog »meandra«, te 306 garaža namijenjenih za stanare budućih zdanja Cvjetnog naselja.

OSIJEK. Privrednici Slavonije i Baranje posljednjih se godina odlučno zalažu da rijeka Drava postane plovna do 164. kilometra uzvodno do ušća, odnosno do Botova. Sve do I svjetskog rata brodovi su plovili od ušća Drave u Dunav, kod Aljmaša, pa sve do njenog 225. kilometra. U to doba Drava je bila proglašena za internacionalnu rijeku. Danas je Drava plovna samo do 51. kilometra, a uzvodno od Belišća prema Botovu plovni je put vrlo zapušten, a na nekim mjestima je rijeka stvorila sprudove i primjenila tok. Reguliranjem Drava bi se koristila i u druge svrhe. Ona može biti i značajan izvor elektroenergije. Jedna mješovita komisija (mađarsko-jugoslavenska) predvidila je da se na 53. kilometru od ušća Drave u Dunav, kod Valpova, sagradi hidrocentrala. Na tom bi se mjestu radi plovidbe podigao sistem brodskih prevodnica. Ljetos su na Dravu stigli stručnjaci za hidrografiju. Između 51. i 68. kilometra snimljeni su poprečni profili rijeke i pripremilo se obilježavanje plovnog puta svjetlosnim signalima. Na nekim mjestima morat će se regulirati tok Drave, naročito tamo gdje je rijeka skretala.

KOPRIVNICA. Prije izvjesnog vremena modernizirane su ceste: Koprivnica—Varaždin, Koprivnica—Križevci—Zagreb i Koprivnica—most na Dravi. U toku je asfaltiranje preostale dionice ove Podravske magistrale od Koprivnice do Đurđevca. Prvi sloj asfalta stavit će se do polovine decembra, a drugi iduće godine.

SPLIT. Predstavnici Investiciono-komercijalne bonke i šest splitskih poduzeća potpisali su akt o osnivanju specijaliziranog poduzeća »Union-turist Dalmacija«. Prvi poslovi ovog poduzeća bit će ostvarenje projekta »Hotelski sistem Marjan«. Novo će poduzeće voditi brigu o izgradnji i financiranju turističkih objekata, te obavljati i niz drugih turističko-poslovnih djelatnosti. Među osnivačima su i dva splitska građevinska poduzeća »Melioracija« i »Tehnogradnja«.

RIJEKA. Poduzeće za ceste iz Rijeke asfaltira prvu dionicu 24 km duge ceste, koja Senj povezuje s ličkim područjem. Ta cesta preko Vratnika vodi na Plitvička jezera. Za te radove će se utrošiti oko 1,7 miliona n. d. iz Republičkog fonda za ceste. Cesta koja preko Velebita spaja Hrvatsko primorje s Plitvičkim jezerima, već je na strani Like asfaltirana. Očekuje se da će i ostatak od 19 km na primorskoj strani biti asfaltiran tokom 1968. god.

BRINJE. Gradi se betonski most na Letinačkoj cesti. Sredstva je dala općina Otočac iz fonda za putove.

RIJEKA. Počelo je asfaltiranje ceste koja od Rijeke vodi do vrha Platka (1111 m). U radu je posljednja dionica (2800 m) ceste koja povezuje ovaj veliki lučki grad s tim 27 km udaljenim planinskim izletištem.

RIJEKA. Jadranska magistrala, koja se od Rijeke probija kroz masive Kapele i Velebita prema jugu, dobit će u bliskoj budućnosti atraktivnog konkurenta. Povezivanje kvarnerskih otoka trajektima s kopnom, gradnja mosta kopno—otok Pag (koji će se završiti iduće godine) i gradnja mosta kopno—otok Krk, to će u dogledno vrijeme biti nova turistička magistrala preko kvarnerskih otoka — Krka, Raba i Paga, kombinirana s cestama i trajektnim vezama. Trasa buduće otočke magistrale išla bi preko mosta Jadranovo—otok Krk, a zatim cestom preko otoka do Baške (u dužini od 47 km) i od Baške trajektom do Lopara na otoku Rabu (udaljenost je 7 morskih milja), pa zatim cestom od Lopara do gradića Raba (dužina 10 km). Cesta bi se onda s Raba nastavljala trajektom do Luna u dužini od oko 3 morske milje, a zatim na jug preko otoka Paga do mosta na Fortici. Od Paga do Posedarja, gdje bi se otočka magistrala spojila s jadranskom, cesta je već asfaltirana tako da u perspektivi predstoji uređenje ceste Pag-Novalja i Novalja—Lun u dužini od oko 40 km.

ZADAR. Općine Zadar, Benkovac, Obrovac, Gračac i Titova Korenica dogovorile su se za rekonstrukciju ceste koja će povezivati najkraćim putem sjevernu Dalmaciju s unutrašnjošću.

Ta bi suvremena saobraćajnica trebala biti izgrađena do 1970. U načelu je određena i trasa ceste. Ona se nastavlja na cestu od Plitvica pa ide preko Titove Korenice, Udbine, Gračaca i Obrovca do Zadra. Dijelom će se koristiti trasa stare ceste, a na nekim dionicama ispraviti njene krivine. Sadašnji zaobilazni put do Zagreba preko Rijeke skratit će se za oko 150 km. To će biti nova asfaltina veza obale sa Zagrebom, preko Alana. Zasad se pouzdano zna kojom će trasom nova asfalna cesta ići do Obrovca. Ali za trasu od Obrovca postoje dvije varijante. Prema jednoj ona će se spuštati preko Smilčića kroz Ravne kotare do Zadra, a prema drugoj ona će se spojiti kod Masleničkog mosta s Jadranskom magistralom. Ispod Obrovca magistralna cesta se račva prema Benkovcu.

KNIN. Gradi se cesta Knin—Plavno. Najveću pomoć u radovima pruža jedna inženjerska jedinica JNA, koja raspolaže jakom mehanizacijom. Do kraja godine treba da se dovrši polovina ceste, čija ukupna dužina iznosi 15 km.

SPLIT. Povoljno je ocijenjeno što se Split i regija kojoj je on centar orijentira na razvoj građevinarstva i industrije građevinskog materijala. Na ljetošnjem sastanku u Splitu dr V. Bakarić, predsjednik CK SKH, izrazio je, međutim, mišljenje da je industrija građevnog materijala, još uvijek ne samo u Splitu nego i u okviru SRH i SFRJ, dosta primitivna, jer se orijentira uglavnom samo na kamen, ciglu i cement i stoga ne daje neki značajniji impuls racionalizaciji stambene i druge izgradnje.

BELI MANASTIR. U gradnji je još jedan žitni silos od 1000 vagona. Troškovi će iznositi oko 3 miliona novih dinara.

MAJDANPEK. Završeni su građevinski radovi na novoj flotaciji. Nova flotacija je prvi veći objekt koji je predviđen drugom fazom investicione izgradnje rudarsko-metalurško-kemijskog kombinita »Bor«.

NIŠ. Poslije pauze od nekoliko godina, poduzeće za puteve u Zaječaru nastavilo je izgradnju Timočke cestovne magistrale. Magistrala će čitav rudarsko-industrijski bazen istočne Srbije (Bor, Zaječar, itd.) povezati s autoputom Niš—Beograd. Prva dionica magistrale: Paraćin—Krivi Vir, u dužini od 33 km završena je. Ljetos su otpočeti radovi na dionici Boljevac—Bor, dugoj 31 km. Ako se sve bude odvijalo po planu, borski će bazen dobiti suvremen »izlaz u svijet« još u toku iduće godine. Za izgradnju posljednje dionice od Zaječara do Vrške Čuke postoje dvije varijante. Rok dovršenja čitave magistrale zavisi o dobivanju kredita. Ako ga zaječarsko poduzeće dobije na vrijeme, magistrala bi bila gotova do kraja 1969.

RAŠKA. Dosadašnja stara cesta, koja se proteže duž rijeke Ibar, rekonstruirana i zastrta asfaltom do Raške, gdje se sastaje sa novopazarskom asfoltnom cestom, koja se produžava sve do Manastira Sopoćana. To je Ibarska magistrala s beogradske strane. No i onaj dio ceste sa prištinske strane, preko Kosova, već je asfaltiran do Ibarske Slatine i Leposavića pod Kopaonikom, pa će i ova cesta uskoro biti gotova sve do Raške.

ŽAGUBICA. Modernizacija ceste Žagubica—Petrovac na Mlavi nastavlja se po planu. Preostali 6 km se asfaltiraju, postavljaju se betonski ivičnjaci i grade propusni mostovi na dijelu ceste od Petrovca do izlaska iz Gornjačke klisure prema Žagubici. Izgradnjom ove ceste uže Srbije, Žagubica i cio ovaj dio Homolja postat će pristupačniji turistima.

SOPOT. Dovršeni su posljednji metri ceste koja će povezati Mladenovac s Kosmajem preko sela Koraćice. Ujedno će ova cesta omogućiti i kružnu vezu Ćurinci —Sopot—Kosmaj—Koraćica (pored manastira Pavlovca i banje Koračica) — Mladenovac (pored Selters banje) — Ćurinci. U širem smislu, bit će moguća i kružna veza Beograd—Žarkovo—Barajevo—Sibnica—Kosmaj—Koraćica—Mladenovac—Ćurinci, odakle se za Beograd može ići preko Ralje ili preko Kosmaja i Barajeva.

SMEDEREVO. Općinska skupština odobrila je krajem ljeta beogradskom poduzeću »Inženjering-invest« lokaciju za izgradnju najveće šljunčare u zemlji. Ona će biti sagrađena pored Velike Morave, nedaleko od

Ljubičevskog mosta. Eksploatacija će početi polovinom 1968.

SURDULICA. Lani je vranjsko poduzeće za puteve završilo dionicu ceste Surdulica—Vlasina—Promaja. Nedavno je isto poduzeće završilo asfaltiranje i druge dionice ove ceste od Promaje do hotela u dužini od 12 km. Do početka decembra treba da bude asfaltirana i cesta koja je produžetak ove nove, a ide od Vlasine do Crne Trave u dužini od 12 km.

SOMBOR. Staparski put, jedna od glavnih somborskih saobraćajnica, nikako da se osposobi za saobraćaj. Rekonstrukcija već dotrajalog kolovoza počela je još krajem maja, ali su radovi usporeni. Razlog je nedostatak sredstava. Inače se prišlo temeljnoj rekonstrukciji i postavljanju novog kolovoza od armiranog betona.

BEČEJ. Uskoro će optočeti izgradnja moderne autobusne stanice u centru grada. Samo stanična zgrada koštat će oko 700 hiljada novih dinara, a ostali radovi još toliko.

VRŠAC. Na PD »Vršački vinogradi« završena je izgradnja podruma kapaciteta 1892 vagona vina. Za izgradnju tog najvećeg objekta ove vrste u zemlji i na Balkanu utrošeno je 35 milijuna n. d.

PRIŠTINA. Vožnja Kosovom i Metohijom, od Peći preko Dečana, Đakovice, Prizrena, Suve Reke, Štimlja, Lipljanja i Prištine do Kosovske Mitrovice je sada ugodna, jer je ta cesta asfaltirana u dužini od 179 km. Nedavno su završeni radovi na asfaltiranju zadnje dionice duge 10 km između Suve Reke i Štimlja — preko brda Čavdulje kod sela Blaca.

GNJILANE. Ovo mjesto, centar Kosovskog pomoravlja, dobit će za godinu dana novi vodovod. Za njegovu izgradnju utrošit će se više od 3,5 miliona n. d.

PRIZREN. Radovi na izgradnji tvornice sintetičkih vlakana (druge u SFRJ) ulaze u završnu fazu. Do 1969. tvornica će koristiti kao sirovinu kaprolaktam iz uvoza, ali će se kasnije ta sirovina dobivati iz Rudarsko-energetsko-kemijskog kombinata »Kosovo« u Obiliću, gdje se ova postrojenja već grade.

KOSOVSKA KAMENICA. Za kaolin odlične kvalitete na ovom području zainteresirala se je italijanska firma »Sacmi Impi-Anti« iz Milana, s kojom su već sklopljeni ugovori o zajedničkom investiranju u izgradnji tvornice.

NOVA GORICA. U parku između Delpinove i Kidričeve ulice, na prostoru od 8.270 m², gradi se novi trgovački centar. On će imati više trgovačkih, poslovnih, ugostiteljskih i servisnih lokala.

ČATEŠKE TOPLICE. Završena je prva faza izgradnje modernog olimpijskog bazena, koji će po svojoj veličini i opremljenosti biti treći u Evropi. U drugoj već započetoj fazi izgradnje betoniraju se površne i unutrašnjost bazena, a grade se prateći, sanitarni objekti, kabine, bar i ostalo.

SARAJEVO. U toku su radovi na rekonstrukciji čuvenog mosta na Žepi, kojeg je Ivo Andrić opisao u svojoj istoimenoj pripovjetci. Most je sagrađen u 16. stoljeću, premješten je zbog jezera HE »Bajina Bašta« uzvodno 6 km uz Žepu.

MOSTAR. Istočna Hercegovina, jedno od najpasivnijih područja Jugoslavije, dobilo je realnu osnovu za svoj razvoj. Poslije više godina rada, hidrograđevinski biro sarajevskog »Energoinvesta« izgradio je vodoprivrednu osnovu istočne Hercegovine u koju su uključeni svi elementi razvitka. Pokazalo se da elektroprivreda treba da dade inicijativu, pošto su ulaganja rentabilna. Energetski sistem ovog područja može dati blizu 3,5 milijardi kilovat-sati električne energije. Istodobno se može aktivirati oko 35.000 ha površine na kojima bi se povećala proizvodnja za 10 puta.

KLJUČ. Dovršava se izgradnja novog hotela »B« kategorije. Radovi su bili otpočeli prije pet godina.

TREBINJE. U razvodnom postrojenju u Trebinju grade se trafostanice 220/110 KV i 110/35 KV. One će imati veoma veliko značenje za redovitu opskrbu električnom energijom najvećeg dijela južnog Jadrana i istočne Hercegovine.

TREBINJE. Akumulacija jezera Miruše — hidrosistema »Trebišnjica« počela je u septembru ove godine, godinu dana prije roka. Tome su pridonijeli radni kolektivi pogona »Grančarevo« i izvođači radova na brani, najvećoj u SFRJ. Investitor je premirao izvođače radova iznosom od 5 miliona n. d. Kolektivi pogona »Grančarevo«, »Hidrogradnja« iz Sarajeva, »Geotehnike« iz Zagreba, »Geoistrage« iz Sarajeva, »Hidromontaže« iz Maribora, »Elektrosrbije« iz Beograda i »Konstruktora« iz Rijeke zaslužuju svako priznanje. Nakon dovršenja brane, u koju je ugrađeno 380.000 m³ betona, jezero Miruše bit će već u toku ove godine akumulirano sa 350 miliona m³ vode. To će omogućiti proizvodnju novih 800 miliona kilovat-sati elektroenergije. Zajedno sa HE »Dubrovnik« sadašnja proizvodnja bit će udvostručena.

PRNJAVOR. Stanovnike prnjavorske komune pogodilo je što program izgradnje, rekonstrukcije i modernizacije cesta u SR BiH do 1970. nije obuhvatio i njegovu komunu. Tim programom predviđa se modernizacija ceste Bosanski Novi—Prijedor-Banja Luka—Doboj—Tuzla, čija bi trasa od Banja Luke do Doboja išla preko Kotor-Varoši i planine Borja. No to ne odgovara Prnjavorčanima. Oni se zalažu da se modernizira cesta Banja Luka—Doboj preko Prnjavora i Jelaha. Komuna Prnjavor je izradila investicioni program za dionicu Klašnice—Prnjavor—Jelah (od Banja Luke do Klašnice već postoji asfaltna cesta, a od Jelaha do Doboja dionica se poklapa sa zamišljenom i predloženom trasom). Navodi se da je cesta preko Prnjavora kraća i mnogo pogodnija za rekonstrukciju i modernizaciju.

TREBINJE. Organi upravljanja hidroelektrana na Trebišnjici donijeli su odluku o izgradnji druge faze hidroenergetskog sistema i odobrili innvesticioni program. Time će se povećati proizvodnja elektroenergije za 270 MW. Program daljnje izgradnje izradio je prof. dr inž. Hrvoje Požar.

OHRID. Drimkol je kraj poznat po svojim fasaderima — visokokvalificiranim građevinskim radnicima. Građevinsko poduzeće u Drimkolu bilo je jedino u Jugoslaviji koje je imalo sjedište u selu, a gradilišta u Beogradu, Skoplju, Sarajevu i drugim gradovima, a i

u inozemstvu. Ranije je hiljade građevinskih radnika drimkolskih sela bilo rastureno po građevinskim poduzećima širom zemlje. Zatim je bilo osnovano građevinsko preduzeće »Drimkol« sa sjedištem u najvećem drimkolskom selu Vevčanima. Interesantno je da to selo ima više od 200 intelektualaca. U zadnje vrijeme dogodila se nemila pojava — prijavljeno je 85 građevinskih poduzeća u Drimkolu. Doduše ta individualna poduzeća nisu ništa drugo nego poduzimački pogoni sa 5 do 10 radnika.

ŠTIP. U rajonu Belo brdo grade se tri solitera, od 8, 10 i 12 katova. Zgrade će biti suvremeno opremljene, imat će liftove, a jedna od njih i betonsko sklonište od zračnog napada. U neposrednoj blizini ovih triju solitera otpočet će gradnja još dvaju solitera. Stanovi u ovim soliterima namijenjeni su tržištu.

OHRID. Izgradnjom umjetnog Globočičkog jezera, nivo Ohridskog jezera opast će za oko 80 cm. Stoga je odlučeno da se u naseljima i turističkim mjestima na obali jezera izgrade prilazna pristaništa, i to u Ohridu, Strugi, Kalištu, Sv. Naumu, Gorici kod Sindikalnog doma, Peštana, Trpejca, i dr. Opadanje jezerskog nivoa pogodit će kej u Ohridu i kanal »Studenčišta«, gdje zimuju brodovi, kao i stari dio grada pored jezera, gdje će se voda povući za oko 50 do 70 m. Ovo zadaje velike brige i urbanistima u Ohridu, koji užurbano rade na donošenju urbanističkih planova za sva obalska mjesta gdje će se graditi nova pristaništa.

SKOPJE. Završena je prva faza izgradnje Skopske željezare. Krajem iduće godine treba da se završi i druga faza izgradnje. U dosadašnjoj izgradnji ove željezare, koja će biti specijalizirana za proizvodnju čeličnih limova, koje smo uvozili, utrošeno je oko 2 milijarde n. d., a bit će potrebno još oko 750 miliona n. d. da se kompletno dovrši.

ŠTIP. Na desnoj obali rijeke Bregalnice gradi se nova zgrada Pedagoške akademije, koja će biti završena polovinom 1968.

TITOGRAD. U toku su radovi na izgradnji moderne autobusne stanice, koja će koštati oko 3 miliona n. d. Ovaj objekt, čiji su investitori agencija »Putnik« i Opštegrađevinsko preduzeće u Titogradu, koje je i izvođač radova, imat će 15 perona, restoran, kavanu i sve prateće objekte.

KANJON PIVE. Da se ne bi našao u vodama akumulacionog jezera HE »Mratinje«, čija je izgradnja počela, Pivski manastir će biti premješten sa sadašnjeg mjesta. Tako će biti sačuvane njegove mnogobrojne povijesne i umjetničke vrijednosti.

BEOGRAD. Na području SFRJ u izgradnji se nalaze ove HE: »Đerdap« (u pogon bi ušla 1971), »Tikveš« (u decembru 1967), »Grančarevo« (maja 1969), »Rama« — protočna (juna 1968) a akumulaciona (maja 1969), »Srednja Drava I« (oktobra 1968), »Špilje« (decembra 1968) i »Rijeka« (marta 1968). U gradnji su i ove TE: »Kostolac II« (već u probnom pogonu), »Trbovlje« (u pogon ulazi u junu 1968), »Morava« i »Kosovo III« (u augustu 1968), »Plomin« (juna 1960) i »Tuzla III« (decembra 1969). Pored ovih izvora elektroenergije u toku je ili u planu izgradnja, odnosno njen početak, slijedećih dalekovoda od 220 KV: Titograd-Kosovo, Kakanj-Mratinje-Bajina Bašta, Jablanica-Jajce-Zagreb, Matulje-Divača-Ljubljana.

KNIN. Za potrebe tvornice celuloze i natron papira u Drvaru izgrađen je dalekovod od Knina do Bosanskog Grahova, jačine 35 kilovolti. Novom linijom visokog napona povezat će se hidroelektrane »Manojlovac« i »Slapovi na Uni.«

ĐERDAPSKO GRADILIŠTE. Radovi na izgradnji velike brane dobro napreduju. No to se ne može reći i za seobu naselja koja će poslije dovršenja brane prekriti dunavske vode budućeg Đerdapskog jezera. Potapa se 16 naselja, od kojih 6 potpuno — sa više od 160.000 m^2 građevinske površine. Pod vodom će se naći i preko 13.000 ha zemljišta i oko 70 km putova. Preselit će se oko 9.000 stanovnika. Izgradnja brane ne može zaostati da bi se kasnije obavila seoba. Uz malo volje i napora, umjesto dotrajalih kuća, na novoj lokaciji se mogu izgraditi nove, kao što je to već učinjeno u selu Sip, no treba da osiguraju i svoje učešće i sami vlasnici. Investitor Đerdapa spreman je da sa svoje strane pruži sve što može.

R. P.

Građevni materijali

»POROFEN« — FENOLNA PJENA

Ivo Poparić, Kemijski kombinat
»Chromos-Katran-Kutrilin«, Zagreb

Prelaskom građevinarstva na suvremeniji način gradnje, pojavila se potreba za materijalima male volumne težine, niske cijene, te vrlo dobrih toplinskih i izolacionih svojstava. U posljednjih 25 godina kemijska industrija uspjela je proizvesti veliki broj ćelijastih izolacionih materijala, od kojih su tzv. tvrde pjene našle najveću primjenu u građevinarstvu.

Dobro poznata svojstva poliuretanskih, fenolnih, epoksidnih i urea formaldehidnih pjena, ekspandiranog polistirena i p. v. c. otvaraju graditeljima svakodnevno nova područja primjene. Njihovom ugradnjom postižu se velike uštede. To je u prvom redu veća brzina gradnje i mogućnost izvođenja radova, bez obzira na klimatske prilike.

Jugoslavenska građevinska industrija u posljednje vrijeme pokazuje veći interes za nove izolacione materijale. Iako indeks porasta potražnje nije u svjetskim okvirima, ipak pokazuje stalnu tendenciju porasta.

Fenolne smole, zahvaljujući Backelandu (svima dobro poznati »bakelit«) bile su preteće današnje plastične industrije, tako su i fenolne pjene bile prvi ćelijasti materijal izrađen od plastične mase.

Prve fenolne pjene proizvedene su u SAD pred II svjetski rat, dok su kasnije prihvaćene i u Evropi. U većem obimu proizvode se u Vel. Britaniji, SR Njemačkoj, DR Njemačkoj, Italiji i Japanu, a posljednjih nekoliko godina SSSR i ČSSR razvile su proizvodnju fenolnih pjena.

Iako nagli razvoj poliuretanskih pjena utiče na plasman i proizvodnju ostalih, ipak potrošnja fenolnih pjena u svijetu pokazuje apsolutni porast, a u ukupnoj proizvodnji tvrdih pjena, fenolne pjene učestvuju sa cca 3,5—4%.

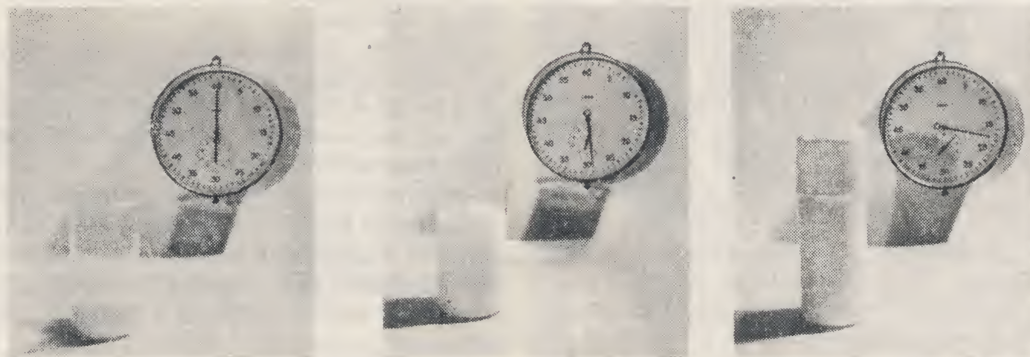
Primarna svojstva fenolnih pjena su ova:

— postojanost na niskim i visokim temperaturama
— nezapaljivost i samogasivost
— mala toplinska vodljivost
— dobra apsorpcija zvuka
— dugogodišnja upotreba.

Porofen je neelastičan materijal, a spada u grupu tvrdih pjena sa mješovitim ćelijama. Ima 40—70% zatvorenih ćelija, zavisno o volumnoj težini. U početku je bijele do narandžaste boje, a stajanjem prelazi u smeđu.

Volumna težina porofena kreće se od 20—100 kg/m³, a može biti i veća. Osim variranja odnosa sredstva za pjenjenje i katalizatora prema količini i stupnju reaktivnosti fenolne smole, na volumnu težinu utiče i ukupna količina smjese, temperatura kalupa, okoline i reaktanata.

Uslijed gubitka topline, na površini porofena dolazi do stvaranja tanke kožice — pjene, veće težine. U većini slučajeva ova kožica je korisna, jer spriječava upijanje vlage. O volumnoj težini zavise i mehanička svojstva porofena. Što je veća volumna težina, bolja su mehanička svojstva. Nije svejedno da li je profen opterećen okomito ili paralelno na smjer pjenjenja.



Sl. 1

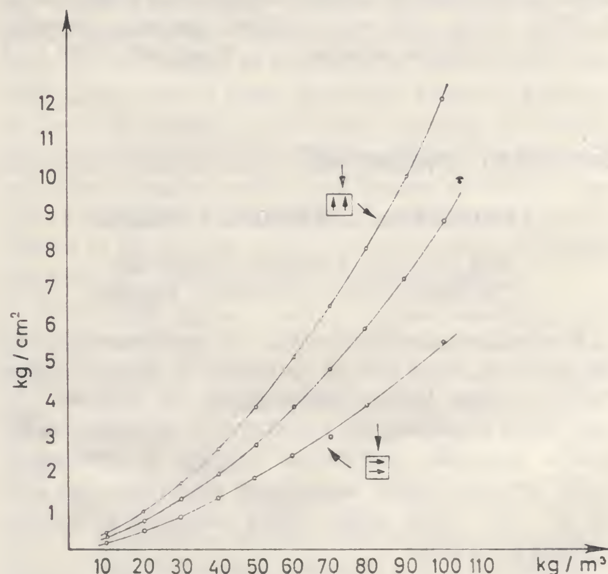
Najpovoljnija cijena uslovila je uvrštenje fenolnih pjena u proizvodni program Tvornice plastičnih masa Kemijskog Kombinata Chromos-Katran-Kutrilin iz Zagreba, koja pod komercijalnim nazivom »Porofen« proizvodi fenolnu pjenu.

Govoreći o porofenu moramo spomenuti za nas neobično važnu činjenicu, što je kompletna sirovinska baza osigurana u jugoslaviji i lišena je poteškoća koje se pojavljuju kod proizvodnje tvrdih pjena baziranih na uvezenim sirovinama. Opisat ćemo jedan način proizvodnje:

Proizvodnja porofena zasniva se na reaktivnosti nepotpuno iskondenzioniranih fenol-formaldehidnih smola. Posredstvom snažne i brzohodne miješalice u smolu se umiješava sredstvo za pjenjenje i katalizator. Uslijed djelovanja katalizatora dolazi do oslobađanja topline (egzotermna reakcija) i hlapljenja sredstava za pjenjenje i vode iz homogenizirane smjese (sl. 1).

Isparivanjem hlapivog u smjesi, povećava se viskozitet i na taj način spriječava se potpuno izlaženje plinova višeg vrelišta te dolazi do pjenjenja. Uslijed razvijanja topline nastavlja se polikondenzacija smole i ona prelazi u kruto stanje. Sitni mjehurići zraka i vode ostaju uklopljeni u smoli, a rezultat je nastajanje pjenastog materijala vrlo fine ćelijaste strukture.

Jedan od najvažnijih svojstava porofena je vrlo dobra postojanost na temperaturu. Može se upo-



Dij. 1

trebljavati do + 130° C a kraće vrijeme i do + 150° C. Kod niskih temperatura može se upotrebljavati do — 200° C Profen nije zapaljiv i samogasiv je. Kao organska supstanca izložen vatri pougljenit će i konačno će se raspasti, ali neće širiti samo po sebi vatru (ASTM — D — 635—44).

Tabela 1

Volumna težina	kg/m³	30	50	70	90
Čvrstoća na tlak DIN 53421	kg/cm²	1,38	2,85	4,82	7,20
Čvrstoća na savijanje DIN 53423	kg/cm²	2,16	3,78	4,81	5,70
Čvrstoća na vlak DIN 53571	kg/cm²	1,12	2,40	3,75	4,85

Svježe pripremljeni porofen sadrži još hlapivih sastojaka. Da bi postigli težinsku stabilnost, proizvođači drže ploče 15—20 dana skladištene na zraku ili nekoliko sati u sušari na povišenoj temperaturi. Kod ispjenjavanja metodom »na licu mjesta« nije potrebno kondicioniranje.

Tabela 2

Uzorak svježe pripremljene fenolne pjene »porofena« ispitivan do konstantne težine na temperaturi od 120° C

Volumna težina kg/m³		dani			
		0	1	2	3
40	težina u gr.	19.8	16.8	16.8	16.8
	gubitak u %		15.2	15.2	15.2
80	težina u gr.	39.6	33.9	33.9	33.9
	gubitak u %		14.5	14.5	14.5

Kod naglih promjena temperatura (6 ciklusa od 90° C do — 13° C prema ASTM — D — 1037-56 T) mehanička svojstva porofena bitno se mijenjaju i zadržavaju najmanje 90—95% svojih vrijednosti.

Stezanje zavisno o temperaturi kod svježe pripređene pjene je malo. Kod nižih temperatura praktično ga nema, dok je kod povišenih temperatura nešto više izraženo. Nakon postizanja dimenzionalne stabilnosti (kondicioniranja) nema stezanja do + 130° C.

Tabela 3

Stezanje svježe pripremljene pjene u postocima nakon osam dana pri ovim temperaturama

Volumna težina kg/m³	70° C	90° C	110° C	130° C
30	0.20	0.65	0.95	1.15
70	0.25	0.70	1.00	1.30

Kod povišene temperature ostaju mehanička svojstva porofena gotovo nepromijenjena.

Tabela 4

Ispitivan je uzorak pjene od 45 kg/m³.
Mehanička svojstva u odnosu na promjenu temperatura

Temperatura u °C	40	60	80	100	120
Čvrstoća na tlak kg/cm²	2.50	2.47	2.43	2.41	14513 2.38

Radi svoje jednolične ćelijaste strukture porofen ima malu toplinsku vodljivost. Koeficijent toplinske vodljivosti je 0,028 do 0,035 kcal/mh° C, u u temperaturnom području od — 10 do + 50° C. Povećavanjem volumne težine za 10 kg/m³ koeficijent toplinske provodljivosti se uveća za cca 0,001 kcal/mh° C.

Ploča iz profena debljine 3 cm, volumne težine 40 kg/m³ ima istu sposobnost toplinske izolacije kao:

pluto (160 kg/m³)	5—6	cm
drvo	15—20	„
cigla	40—50	„
beton	120—150	„
žbuka	150—160	„
kamen	200—250	„

Kod viših frekvencija, porofen, kao i svi slični ćelijasti materijali, bolje apsorbira zvuk, nego kod nižih. U tabeli 5 prikazana je sposobnost apsorbcije zvuka 3 cm debele ploče, volumne težine 40 kg/m³, mjerena u kundtovoj cijevi (ASTM-C-384--58).

Tabela 5

cikla/sek	apsorpcija u %
100	12,5
200	12,5
400	14,0
800	21,0
1600	30,0
2500	36,0
3200	39,0
4000	42,0

Radi svoje djelomično otvorene ćelijaste strukture porofen navlači na sebe vlagu i upija vodu. Stajanjem na suhom, apsorbirana voda izlazi iz pjene. Vlaga prisutna u pjeni nema uticaja na promjenu mehaničkih svojstava pjene. Veće količine vode povećat će toplinsku provodljivost. Obradom površine (premazi) higroskopnost se eliminira.

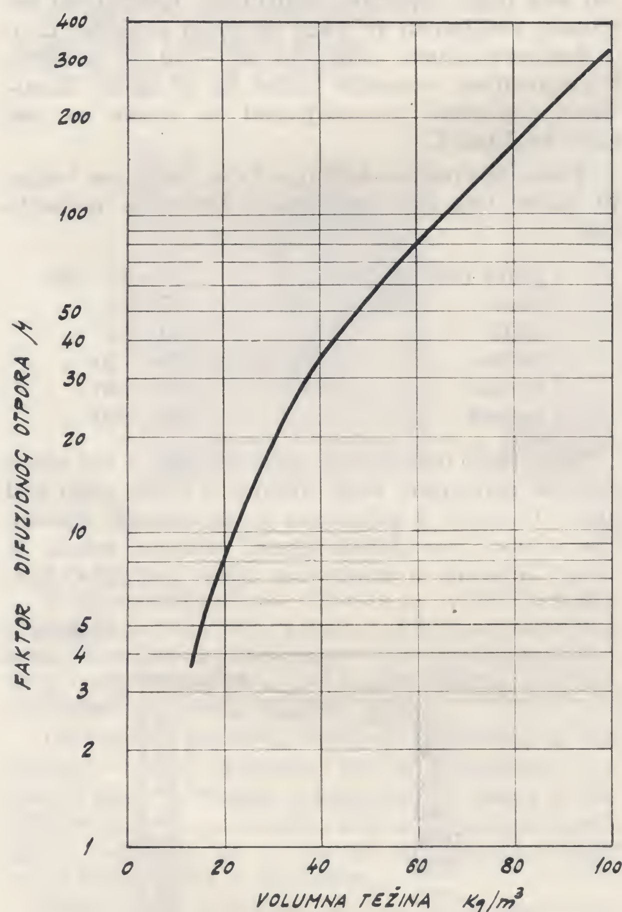
Upijanje vode nakon 7 dana kod temperature 24°C iznosi cca 14%, a u atmosferi 96% relativne vlage, nakon sedam dana porofen prima na sebe 0,65% vlage (ASTM-D-2127-62T).

Difuzija vodene pare, je važan faktor kod upotrebe ćelijastih materijala u svrhu toplinske izo-

lacije. Difuziona propusnost vodene pare izražava se faktorom difuzionog otpora koji pokazuje za koliko je smanjena difuziona propusnost vodene pare upotrebljenog izolacionog materijala u odnosu na zrak (faktor difuzionog otpora zraka = 1).

Prema propisima V. D. I. izolacioni materijal može biti uspješno primjenjen ako mu je faktor difuzionog otpora veći od 5.

Porofen kod nižih volumnih težina ima veću propusnost vodenih para. U dijagramu 2 date su vrijednosti faktora difuznog otpora za porofen u odnosu na volumnu težinu (prema Kältetechnik Bd. 8/1956 S. 339/343).



Dij. 2

Porofen je otporan uglavnom prema svim anorganskim kiselinama i lužinama, te organskim otapalima (tabela 6), kod duljeg izlaganja pjene uticaju alkohola i ketona opaža se na površini pjene malo omekšanje, koje nestaje kada pjena nije pod njihovim uticajem. U kontaktu s manjim količinama otapala, nema nikakvih promjena, što omogućava primjenu svih vrsta ljepila, kitova i premaznih sredstava.

Tabela 6

Morska voda	+	Mravlja kiselina	+	Metiletilketon	0
HCl 10%	+	NaOH	—	Etilacetat	+
HCl 35%	+	KOH	—	Benzin	+
H_2SO_4 50%	+	Vapnena voda	+	Benzol	+
H_2SO_4 konc.	—	Soda 30%	+	Tetraklorugljik	+
HNO_3 50%	—	Ricinusovo ulje	+	Fenol	+
HNO_3 10%	+	Amonijak	+	Anilin	0
H_3PO_4 konc.	+	Etanol 50%	+	Mineralno ulje	+
H_3PO_4 50%	+	Etanol 96%	0	Stiren	0
CH_3COOH 100%	+	Metanol	0	Formaldehid	+
CH_3COOH 5%	+	Aceton	0	Cikloheksan	+

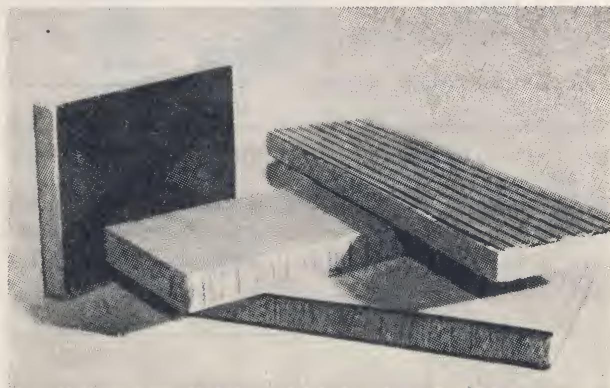
+ = otporno
— = neotporno
0 = slabo omekšanje, samo prilikom trajnog izlaganja (ASTM D 543-60 T)

Kao materijal koji ne sadrži hranjivih sastojaka, porofen nije napadnut od biljnih i žvotinjskih štetočina. Također je otporan prema pljesni, i trulenju. Postojanost s obzirom na vrijeme kao i kod svih fenol-formaldehidnih smola je vrlo dobre, tako da kod fenolnih pjena, koje se već primjenjuju 25 godina, nisu primjećene bitnije promjene.

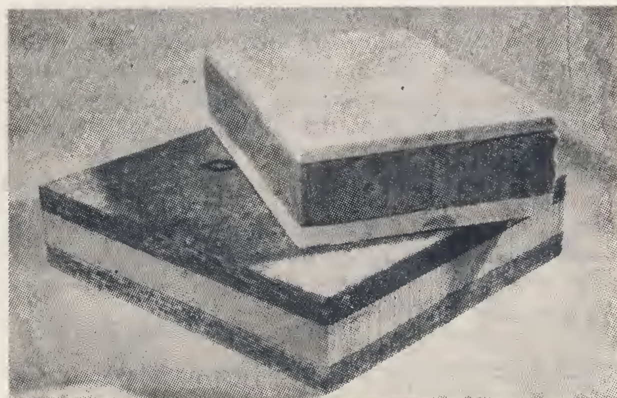
Porofin nije biološki opasan.

Pojava tankog sloja prašine, koja nastaje uslijed mehaničke obrade, mnoge krivo upućuju na nepostojanost pjene s obzirom na vrijeme, što nije slučaj.

Kako se porofen proizvodi posredstvom kiselinskih katalizatora, moglo bi se očekivati veliko korozivno djelovanje na metale, što se nije pokazalo u praksi. Ispitivanja su pokazala da je jedino sla-



Sl. 2

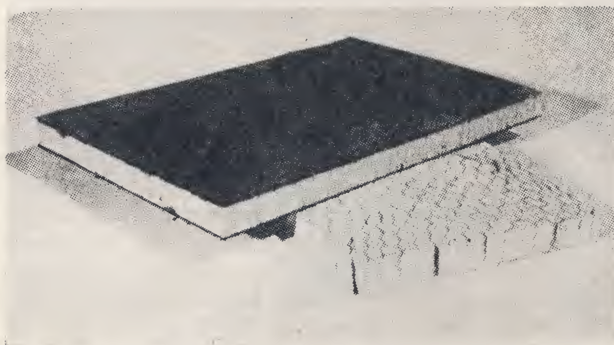


Sl. 3

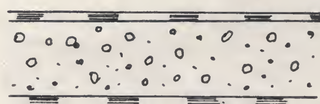
bo napadnuto željezo, stoga je potrebno željezne dijelove zaštiti temeljnim premazom (antikiselinski, bitumenski i dr.).

Mala toplinska vodljivost, otpornost na temperatutru, samogasivost, niska cijena, te karakteristike dobro poznatih fenolnih smola, osiguravaju veliku i raznoliku prmjenu, a vrlo dobra krutost forme, daje dugi vijek trajanja porofena.

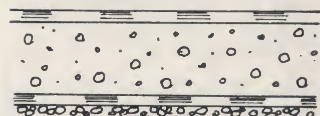
Najveća primjena porofena je u sendvič konstrukcijama. Zbog malih čvrstoća na udar i apsorpcije vode, potrebno je da vanjska strana pjene bude zaštićena. Ploče i blokovi mogu se piliti s alatom koji se upotrebljava kod mehaničkih obrada drva. Porofen odlično prianja na beton, gips, žbuku, što se koristi pri izradi lakih građevinskih ploča, s porofenom kao jezgrom. Adhezivi se vrlo dobro vežu s porofenom a čvrstoća je veća od njegove vlačne čvrstoće. Vrlo dobru vezu između porofena i iverice, šperploče, lesonita, cigle, salonita, laminata i drugih sličnih materijala, daju fenol-formaldehidna rezorcinska, ureakarbamidna, p. v. acetatna, bitumenska i epoksi ljepila, a ova posljednja daju izvanredno čvrstu vezu s metalima (sl. 2, 3).



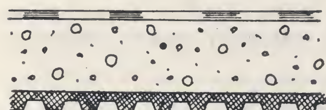
Sl. 4



a / krovna ljepenka
porofen
krovna ljepenka



b / krovna ljepenka
porofen
krovna ljepenka sa grubim šljunkom

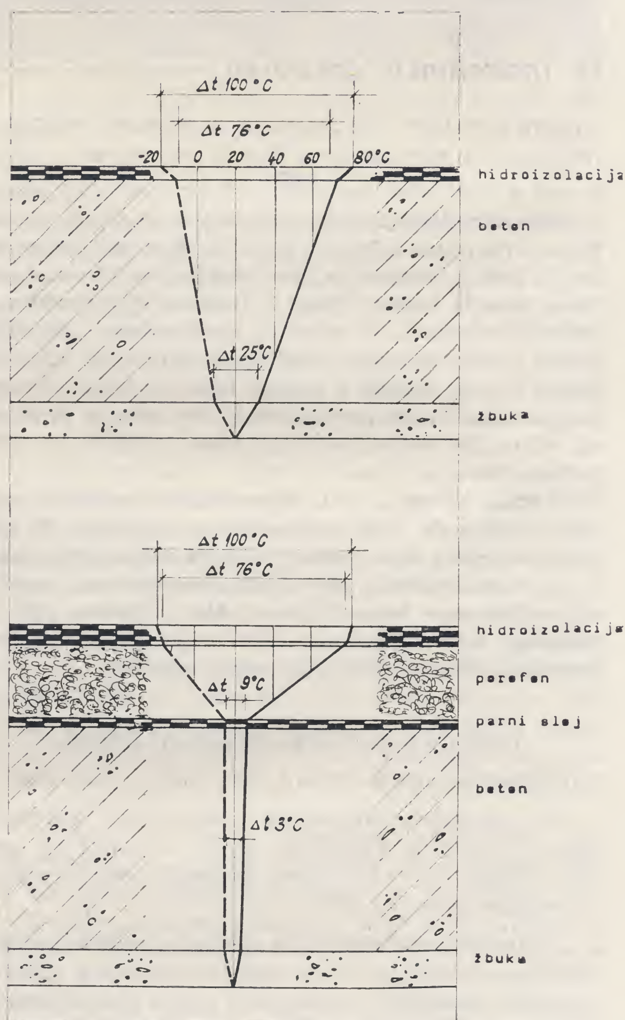


c / krovna ljepenka
porofen
nab orana krovna ljepenka ojačana sa Al. folijom

Sl. 5



Sl. 6



Dij. 3

Ploče iz porofena, armirane impregniranim papirnatim sačem, upotrebljavaju se kao jezgro u sendvič elementima, a izvode se tako da se sač utisne u pjenu. Iako se za ove elemente upotrebljava porofen minimalne volumne težine, ovi imaju vrlo dobra mehanička svojstva, a koeficijent toplinske provodljivosti ostaje isti (Sl. 4).

U kombinaciji s bitumenskim, katranskim i asfaltnim masama, zahvaljujući otpornosti na povišenu temperaturu i rezistentnosti na kemikalije, porofen nalazi veliku primjenu u građevinarstvu kao toplinska izolacija krovnih, podnih i fasadnih površina. U ovu svrhu izrađuju se kaširani panel elementi, na koje je u večini slučajeva na jednoj strani naljepljena bitumenska krovna ljepenka, s finim mineralnim posipom, A 5—6 cm je šira od ploče porofena, što omogućuje stvaranje preklopnog spoja. Na drugoj strani porofena kaširanje se obavlja iz raznih materijala, kao krovna ljepenka, sa ili bez staklenog vala, očvrsnuta krovna ljepenka s grubim mineralnim posipom, naborana krovna ljepenka, očvrsnuta s 0,1 mm aluminijskom folijom i dr. Nekoliko tipova ovakvih elemenata prikazano je na slici 5. Njihovom primjenom postiže se vrlo dobra toplinska izolacija krovova, omogućuje se provjetravanje ispod izolacije i eliminira se kondenziranje vodene pare u konstrukciji, te se uprkos razlikama u temperaturi, pritiscima i vlazi održava skoro konstantna temperatura konstrukcije (Dij. 3).

S uspjehom se porofen primjenjuje i za izolaciju fasadnih i pregradnih zidova. Za izvođenje podne izolacije upotrebljavaju se ploče iz porofena, boljih mehaničkih svojstava koja se mogu postići dodatkom mineralnih punila (Sl. 6).

Poliesterske smole očvrsnute staklenim vlaknima (fiberglas), vrlo dobro se vežu s porofenom. Kako je porofen apsolutno otporan na uticaj poliesterskih smola i otapala, mogućnost direktnog nanošenja smole i staklenog vala ili rovinga, omogućuju izradu više vrsta sendvič elemenata, koji se danas sve više upotrebljavaju u montažnoj gradnji. Porofen se dade lako obrađivati i modelirati, tako da nalazi primjenu pri izradi maketa i kalupa. Porofen se proizvodi u pločama 100×50 cm, debljine od 1 cm naviše.

Iz inozemnih časopisa

GDJE GRADITI ŽELJEZNICE S JEDNOM ŠINOM

(Engineering News-Record, New York, februar i mart 1967)

Japansko Ministarstvo saobraćaja je odložilo građenje triju pruga s jednom šinom koje je bilo odobreno aprila 1966, a kompanija koja eksploatira 13 km dugu liniju između centra Tokija i njegovog međunarodnog aerodroma brisala je planove za tri druga projekta pruga s jednom šinom. Razlog je deficit od 5,5 mil. dolara koji se očekuje u tekućoj fiskalnoj godini. Pruga je bila građena da preveze do 71.000 putnika dnevno, ali je prošle godine ostvarila samo prosjek od 7591 putnika dnevno.

S druge strane u SAD Sekretarijat unutrašnjih poslova odbija da dade suglasnost za izgradnju 40 km dugog autoputa kroz nacionalni park u Kaliforniji dok se ne dovrši studija o ekonomskoj opravdanosti izgradnje željeznice s jednom šinom. Ako propadne plan o izgradnji takve željeznice Sekretarijat je više sklon izgradnji uzanog kolosijeka negoli autoputa.

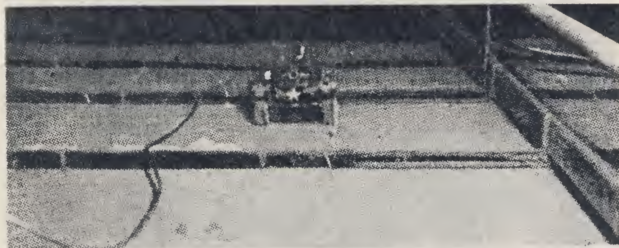
B. P.

IGRAČKA KAO GRAĐEVINSKI STROJ

(Engineering News-Record, New York, mart 1967)

Dva dovitljiva električara Inženjerskog razvojnog centra Arlond u Tullanomi (SAD) uštedjela su oko 2.200 dolara na radnoj snazi koristeći dječju igračku za ozbiljan posao.

Oni su za provlačenje žica signalnog protivpožarnog uređaja u uskom prostoru između zavješenog plafona i stropne konstrukcije upotrijebili dječji tenk na pogon baterijama. Tenk je za sobom vukao kanop (kojim su kasnije uvlačene žice) od jednog otvora za svjetlo u plafonu do drugog, skakućući veselo preko neravnosti u gornjoj površini plafona (slika). Tenkom je upravljao pomoću dva tanja kanapa električar sjedeći udobno u prostoriji ispod plafona.



Dječji tenk na baterije provlači se kroz strop obavljajući koristan posao

B. P.

EKSPLOZIJE OD BENZINA U ULIČNOJ KANALIZACIJI

(Engineering News-Record, New York, mart 1967)

Oko 15.000 litara benzina prodrlo je u kanalizacionu mrežu grada Olean (SAD). Kad je benzin stigao do stanice za prečišćavanje, od iskara iz električnih strojeva zapalile su se benzinske pare i eksplozija je razorila stanicu (slika). U času eksplozije nikoga od ljudi nije bilo u zgradi, vrijednoj 250.000 dolara, u kojoj su bile smještene pumpe, laboratorij i uredi; pumpe su tri kata pod zemljom. Dok se ne uspostave uništena postrojenja, za što će trebati oko 90 dana, otpadne vode će se prepumpavati direktno u rijeku.

Odmah poslije eksplozije pretražena je gradska mreža i određeno da se privremeno, dok se mreža ne



Porušena stanica za prečišćavanje otpadnih voda, kadse benzin koji je prodro u gradsku mrežu zapalio od iskri u pumpama

izvjetri, evakuira 2400 stanovnika iz centra grada zbog opasnosti od daljnjih eskplozija.

Misli se da je benzin dospio u kanalizaciju kod zamjene jednog dotrajalog podzemnog tanka novim u servisnoj stanici u centru grada. Stari tank, u kome se još nalazila izvjesna količina benzina, bio je tom prilikom vjerojatno oštećen, ali je njegova otprema bila ostavljena za kasnije. Bliže okolnosti će utvrditi istraga, koja treba da ustanovi i to, da li je tom prilikom bila oštećena i kanalizaciona mreža odn. na koji je način benzin dospio u mrežu.

Po prilici jedan sat prije eksplozije u stanici za prepumpavanje, isti uzroci su izazvali jednu manju eksploziju u podrumskim prostorijama jedne zgrade u centru grada. Još dok je obavljana istraga u centru grada, eksplodirala je i stanica.

B. P.

DA LI BI SAD KUPILE SOVJETSKE TURBINE?

(Engineering News-Record, New York, februar i april 1967)

Svjetsko prvenstvo u izgradnji hidroelektrana po veličini agregata i po veličini kapaciteta pojedinih elektrana drži sada Sovjetski Savez.

Najveća hidroelektrana na svijetu je HE Bratsk na rijeci Angari (SSSR). Njen sadašnji kapacitet od 4 mil. kW povećat će se dovršenjem elektrane na 4,5 mil. kW.

Međutim, ona neće još dugo biti prva po veličini.

Vodstvo u SSSR uskoro će preuzeti HE Krasnojarsk na rijeci Jenisej, čija dva prva agregata po 500.000 kW treba da budu ugrađena do novembra 1967, a čiji će konačni kapacitet kad se ugradi još 10 takvih jedinica, iznositi 6 mil. kW.

Istovremeno u SAD žure da dovrše započetu izgradnju treće strojarnice kod brane Grand Coulee sa 12 agregata po 600.000 kW, čime će ta hidroelektrana postići ukupan kapacitet od 9 mil. kW i tako postati najveća na svijetu — barem za izvjesni period, pošto u SSSR pripremaju planove za izgradnju hidroelektrane, koja bi imala kapacitet 10 mil. kW, itd.

Početkom aprila jedan službenik sovjetske ambasade u Washingtonu zapitao je Ured za melioracije SAD, kao investitora objekta Grand Coulee, da li će SSSR biti omogućeno da stavi ponudu za dobavu turbina i generatora za proširenje te elektrane.

Časopis ENR kaže da SSSR time hoće da provjeri pridržava li se SAD u ovom slučaju načela slobodne trgovine, ali kako su američki proizvođači opreme pomogli Uredu za melioracije pri izradi osnovnog projekta, trebalo bi da oni dobiju preferencijalni postupak. »Pored toga« prema ENR gunđa jedan činovnik Unutrašnjih poslova »ne bi valjalo da na opremi imamo srp i čekić«.

Konačan odgovor da li će se dozvoliti da SSSR podnese ponudu dobit će se vjerojatno u jesen 1967, kada će biti gotovi troškovnici i raspisana licitacija.

Međutim, mišljenje časopisa ENR je ovo: SSSR bi zacijelo ušao u takmičenje s nerealno niskim cijenama i zato je u redu da mu se ne dozvoli sudjelovanje. Poznato je da SSSR ima iskustva u građenju jedinica veličine 500 MW, ali i američki proizvođači opreme

imaju sposobnosti za to i treba im pružiti priliku da steknu iskustva. Zato bi trebalo isključiti i zapadnoevropske zemlje i Japan, osim ako se radi o patentima koji bi se koristili kroz američke licence.

B. P.

VODA SABIJA TLO U TRASI AKVADUKTA

(Engineering News-Record, New York. april 1967)

Aluvijalni pješčani mulj sjeda i do blizu 5 m u nekim područjima doline San Joaquin u Californiji (SAD). Pa ipak se tamo gradilo i gradi, makar na rizik da se ponekad teško oštećeni građevinski objekti moraju rušiti i iznova podizati. To se upravo događa na nekim dionicama kanala Delta—Mendota, gdje Ured za melioracije SAD pojedine sekcije betonske obloge zamjenjuje novima.

Odsjek za snabdijevanje vodom države California stoji pred zadatkom da preko te doline izgradi jednu dionicu velikog kalifornijskog akvadukta dugu 90 km. Ukupna dužina akvadukta iznosi 720 km. Akvadukt treba da se posve dovrši do 1971. god., a služit će za dovod vode iz rijeke Feather u južnu Californiju (slika 1).

Odsjek, da bi što više osigurao naknadno sjedanje kanala, odlučio je da troškom od 16 mil. dolara na toj 90 km dugoj trasi izgradi 663 jezerca i snabdijeva ih izvjesno vrijeme vodom (slika 2). Voda prodire u tlo i komprimira ga. Kada se godinu dana poslije tog postupka obavi betoniranje bokova akvadukta, očekuje se da više neće biti znatnijeg slijeganja tla.



Sl. 1: Kalifornijski akvadukt u radu sjeverno od dionice gdje se koriste umjetna jezerca

Razmatrana je bila i alternativna metoda vlaženja zemljišta prskanjem, koja je jeftinija, ali nije usvojena, pošto je manje pouzdana.

Prije definitivnog izbora metode vlaženja tla Odsjek je izgradio na odabranom lošem mjestu u trasi eksperimentalno jezerce koje je dovelo do sjedanja zemljišta od blizu 5 m.

Jezerca su rađena tako da su na udaljenostima 30 m lijevo i desno od osi akvadukta od zemlje iskopane u srednjem dijelu izrađeni uzdužni bedemi, a na svakih 150 m i poprečni.

U jezercima su zatim izbušeni bunari za infitraciju vode, 14 do 44 m duboki (prema tome do koje se dubine očekivalo sjedanje tla), i u njih je nasut šljunak. Tipično jezerce ima 14 bunara, izbušenih u dva paralelna reda na uzajamnoj udaljenosti od 30 m.

Duž trase su privremeno montirane cijevi (nadzemno), iz kojih se upušta voda u jezerca i održava stalno na istoj dubini od oko 60 cm.

Pomoću dva repera i jedne nivelir letve lako se u svakom jezercu kontrolira dubina sjedanja dna. Kad sjedanje prestane, obustavlja se dovod vode i bilježi kako brzo pada nivo vode u jezercu da bi se utvrdila stopa infiltracije. Voda obično padne 6 do 40 cm za 6 sati.

Do sada je natapanje dovršeno u oko 50% jezerca. Najjača sjedanja su zapažena u centralnih 40 km dolinske trase. Tu su obična sjedanja od 1,5 m, na nekim mjestima ona se povećavaju na 2,5 m. Na ostalim dijelovima trase sjedanja se kreću između 15 i 30 cm.

Na mjestima na kojima se očekuje osobito jako sjedanje Odsjek će građevinama ostaviti veći slobodni prostor, a bokove akvadukta izbetonirati do veće visine nego drugdje. pa ako tlo sjedne, kapacitet protoka akvadukta će biti očuvan.



Sl. 2: Niz od 663 umjetna jezerca povlači se 90 km kroz polupustinju u dolini San Joaquin

B. P.

HOECHST
ISPORUČUJE:



Izolirajuću supstancu u čvrstoj pjeni

FRIGEN-om ekspandirana pjena poliuretana sastoji se u biti od zatvorenih čvrstih ćelija. One su ispunjene FRIGEN-om, koji je veoma slab vodič topline. Na sektoru građevinarstva 1 cm ovakove čvrste pjene daje istu toplinsku izolaciju kao 12-25 cm običnog zida ili 40-60 cm betona. Kod rashladnih uređaja debljina izolacije se može smanjiti za 50 %. To znači — kod istih dimenzija znatno više rashladnog prostora, nego uz primjenu uobičajenih metoda izolacije. Na zahtjev ćemo Vam rado dostaviti informacioni materijal. Naša služba za tehničku primjenu rado će Vam dati sve savjete i stoji Vam na raspolaganju.

RO 53-YU

HOECHST



Farbwerke Hoechst AG je jedno od velikih svjetskih kemijskih poduzeća. Osim posestrima Kalle AG, Knapsack AG, Behringwerke AG i Chemische Werke Albert u okvir poduzeća spadaju i firme Messer Greisheim GmbH, Friedrich Unde GmbH i druge firme u zemlji i inozemstvu.

Program isporuka uključuje sva područja moderne kemije: bojila, pigmente, tenside, tekstilna pomoćna sredstva, celulozni eter, međuproizvode, lijekove, fine farmaceutske kemikalije, serume, cjepiva, sirovine za lakove, otapala, organske i anorganske kemikalije, voskove, glikolne proizvode, kemijska vlakna, plastične mase, umjetna gnojiva, sredstva za zaštitu bilja, folije, aparate i proizvode za reprodukcionu tehniku, strojeve, aparate i sprave za tehniku zavarivanja i dubokog hlađenja, industrijske plinove, planiranje i izgradnju kemijskih postrojenja.

Generalni zastupnik za SFRJ:
JUGOHEMIJA
Beograd, Kralja Milutina 10a
Tel.: 341-146
Predstavništvo Zagreb
Maksimirska cesta 112
Tel.: 645-091

FARBWERKE HOECHST AG. 6230 FRANKFURT/MAIN 80
Savezna Republika Njemačka

BRANA MAQUINENZA OZBILJNO PROCURAVA

(Engineering News-Record, New York, april 1967)

Betonska gravitaciona brana Mequinenza na rijeci Ebro ozbiljno procurava. Brana je 78 m visoka, 460 m duga. Elektrana uz branu je kapaciteta 310 MW. Procuravanje vode uz lijevi bok brane iznosi 14 m^3/sec, a uz desni bok još i više.

Do sada je više od 16000 tona zemlje i kamena nasuto na uzvodnoj strani uz istovremeno injektiranje pukotina na nizvodnoj strani, ali bez rezultata.

Za branu Mequinenza se tvrdilo već duže vremena da je nesigurna, pošto su oba njena boka izrovana napuštenim ugljenokopima. U 1962. god. bio je rad na njenoj izgradnji obustavljen, ali godinu dana kasnije rad je nastavljen i brana dovršena 1964. Međutim odmah se pojavilo i procuravanje, koje se znatno povećalo kad je rezervoar 1966. godine napunjen do punog kapaciteta.

Španjolsko Ministarstvo javnih radova odredilo je da se bazen, sadržine 1,5 milijardi m^3 vode, isprazni i utvrde razlozi procuravanja. B. P.

JUGOSLAVENSKO GRAĐEVINARSTVO U SVJETSKOJ STRUČNOJ ŠTAMPI

Časopis Engineering News-Record, koji izlazi tjedno u New Yorku i ima vjerojatno najveću tiražu i najbolju informativnu službu među građevinskim časopisima u svijetu redovito prati i zbivanja u jugoslavenskom građevinarstvu.

Tako je pretprošle i prošle godine časopis donio iscrpne prikaze o projektu i izvođenju radova na HE Đerdap, HE Trebišnjica, podizanje mostova na Jadranskoj magistrali itd.

Časopis isto tako u svojim bilješkama ukratko izvještava o građevinskim radovima koje jugoslavenska poduzeća preuzimaju na izvođenje u inozemstvu.

B. P.

THE INTERNATIONAL BUILDING EXIBITION OLYMPIA LONDON
MEĐUNARODNI SAJAM GRAĐEVINARSTVA LONDON, 15—29. XI 1967.

Ulaz za prekomorske posjetioce: Grand Hall, Olympia Way, pokraj Olympia stanice.

Povlastice na kartama za prekomorske posjetioce.

Prekomorski posjetioci dobit će besplatnu ulaznicu nakon što pokažu pasoš na recepciji za prekomorske posjetioce na ulazu u Grand Hall.

Veza: Podzemna željeznica, linija Piccadilly ili District Line za Olympiju (prelaz kod Earls Court-a).

Iz programa: Natjecanje učenika tehničkih škola: Natjecanje se obavlja svaki dan. Kao i ranije. učenici iz tehničkih škola iz cijele Britanije natjecat će se za nagrade u žbukanju, bojadisanju, dekoriranju, tesarstvu, zidanju. polaganju olovnih cijevi, postavljanju stakla, postavljanju pločica na zidove i podove, postavljanju cigle i ostalim zanatima. Konferencije: Niz konferencija o građevinskoj industriji, njenom razvoju i njenim problemima, održat će se za vrijeme izložbe.

Izložbeni eksponati razvrstani su u logične grupe. Componex 67 je višekatni objekt od 3700 m^2 konstruiran kao kostur zgrade. Prikazuje oko 100 najboljih građevinskih komponenata. Tehnologija komponenata će biti važna tema sastanaka na izložbi.

Izložba je podijeljena na odjele: Građevni materijal, građevna mehanizacija, odjel betona i prefabrikata, oprema, alati, strojevi za obradu drva, drvo i stolarija, okovi, grijanje, elektrika, keramika, plastika, kuhinje, te odjel Proizvodi iz inozemstva.

Prijave prima

Generalturist, Zagreb, Zrinjevac 18, tel. 34-482, i
Atlas, Zagreb, Zrinjevac 17, tel. 24-221.

